COMPTES RENDUS
DES SÉANCES
DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 28 AVRIL 1884.
PRÉSIDENCE DE M. ROLLAND.

MEMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique** adresse une ampliation du décret par lequel M. le Président de la République approuve l'élection que l'Académie a faite de M. *Bouquet de la Grye*, pour remplir, dans la Section de Géographie et de Navigation, la place laissée vacante par le décès de M. *Yvon Villarceau*.

Il est donné lecture de ce décret.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **Bouquet de la Grye** prend place parmi ses Confrères.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Observations extraites du Rapport de M. Verbeek sur l'éruption de Krakatoa, les* 26, 27 *et* 28 *août* 1883; par M. **Daubrée**.

« M. Verbeek, ingénieur des mines à Batavia, auquel on est redevable de publications importantes sur la géologie de Sumatra, a été chargé, en vertu d'une décision du Gouvernement néerlandais datée du 4 octobre 1883, de rechercher la nature, l'extension et les conséquences des

éruptions volcaniques du Krakatoa. Il a parcouru pendant dix-sept jours la région ravagée, à l'aide d'un bâtiment qui avait été mis à sa disposition. En attendant que le Rapport détaillé qu'il prépare sur ce sujet puisse paraître, ce qui n'aura pas lieu avant quelques mois, à cause des nombreuses cartes et planches qui doivent l'accompagner, M. Verbeek vient de terminer un Rapport sommaire que M. Van Baumhauer, secrétaire perpétuel de la Société hollandaise des Sciences, a bien voulu faire traduire en français.

» En présentant cette traduction à l'Académie, au nom de M. Baumhauer, je demande la permission d'en extraire plusieurs observations qui complètent, précisent et rectifient celles qui ont été publiées à ce sujet (¹).

» Le 20 mars 1883, le moins élevé des trois sommets de l'île, le Perboewatan (nommé Roewatan dans quelques Rapports), qui présente des coulées de laves sur plusieurs côtés, entra subitement en éruption. Le sommet le plus élevé de l'île, le mont Krakatoa (dont le nom dérive par corruption de Rakata et d'une altitude de 822^m) n'a pas fonctionné en 1883; quant au troisième sommet, le mont Danan, il n'entra en action que plus tard.

» Les éruptions continuèrent avec une intensité variable et avec des intervalles de repos, jusqu'au 26 août, époque vers laquelle le cratère du mont Danan entra également en activité. Le 26, les explosions augmentèrent beaucoup en intensité, pour atteindre leur maximum le lundi 27, à 10^h du matin. Elles perdirent alors de leur violence, mais n'en continuèrent pas moins toute la nuit du lundi au mardi, jusqu'à ce qu'enfin, le 28, vers 6^h du matin, elles cessèrent.

» Les éruptions du 26 et du 27 août furent accompagnées de violentes détonations et de vibrations. Pendant ces deux jours, on entendit presque sans interruption un bruit sourd, semblable au grondement du tonnerre dans le lointain; les explosions proprement dites étaient accompagnées d'éclats courts, comparables à de forts coups de canon, tandis que les détonations les plus violentes étaient encore beaucoup plus brèves et plus crépitantes et ne se laissaient comparer à aucun autre bruit.

» Les bruits des éruptions du mois de mai furent entendus dans la direction du nord-ouest à 230^{km} et 270^{km} de Krakatoa. Mais la propagation du son, telle qu'elle eut lieu le 26 août, surpasse tout ce qui est connu en ce genre. Les coups ont été entendus à Ceylan, au Birman, à

(¹) *Comptes rendus*, t. XCVII, p. 1100, et quelques autres Communications plus récentes sur les ondes marines et atmosphériques, conséquences des éruptions.

Manille, à Doreh, sur la Geelvinkbaai, en Nouvelle-Guinée et à Perth, sur la côte occidentale de l'Australie, ainsi que dans tous les lieux plus rapprochés de Krakatoa. Si, de Krakatoa comme centre, on décrit un cercle avec un rayon de 30° ou 3333^{km}, ce cercle passe précisément par les points les plus éloignés où le bruit ait été perçu. La distance des points extrêmes, à l'est et à l'ouest, est donc de 60° (le diamètre du cercle), ou $\frac{1}{6}$ de la circonférence entière du globe. La superficie de ce cercle, ou plutôt du segment sphérique, est de plus du quinzième de la surface. Lors de l'éruption du Tambora, dans l'île de Sœmbawa, en 1815, le rayon du cercle dans lequel le bruit fut entendu était moitié moindre, c'est-à-dire de 15°, et la superficie était donc environ quatre fois plus petite.

» Outre ces vibrations sonores, il s'est formé aussi, lors des explosions, des ondes aériennes qui ne se sont pas manifestées par des sons, mais qui n'en ont pas moins produit des effets remarquables. Les plus rapides de ces vibrations se sont communiquées aux édifices et aux cloisons des chambres. C'est ainsi, par exemple, qu'à Batavia et à Buitenzorg, à une distance de 150^{km} de Krakatoa, des portes et des fenêtres furent secouées avec bruit, des horloges s'arrêtèrent, des statuettes placées sur des armoires furent renversées. Tout cela était l'effet de vibrations aériennes, et non de tremblements de terre, qui, dans cette éruption, chose digne de remarque, n'ont nulle part obtenu une certitude.

» M. Verbeek a déduit que les éruptions les plus fortes ont dû avoir lieu aux heures suivantes : 27 août, 5^{h}35^m, 6^{h}50^m, 10^{h}5^m et 10^{h}55^m (temps de Batavia). De ces quatre, la plus violente, de beaucoup, a été l'explosion de 10^{h}5^m. Il est parti alors de Krakatoa une onde aérienne qui, autour de ce point comme pôle, s'est étendue annulairement à la surface du globe, dont elle a parcouru jusqu'à trois fois et un quart la circonférence entière.

» Les éruptions, qui d'abord avaient eu lieu au-dessus du niveau de la mer, sont devenues sous-marines, probablement le 27 août vers 10^h du matin. Jusque-là, il n'avait été rejeté que de la cendre plus ou moins humide; mais, à partir de ce moment, fut aussi éjaculée une grande quantité de boue, mélange de sable volcanique et d'eau de mer. L'effondrement de la partie septentrionale de la montagne doit avoir précédé ces éruptions sous-marines.

» Krakatoa occupait autrefois une étendue de 33^{kmq}, 5, dont 23^{kmq} se sont abîmés; il reste donc 10^{kmq}. Mais, aux côtés sud et sud-ouest, l'île s'est accrue d'une ceinture de produits éruptifs, de sorte que la superficie de Nieuw-Krakatoa est maintenant, d'après le levé de M. Verbeek, de 15^{kmq};

Lang-Eiland, qui jadis mesurait $2^{kmq},9$, a aujourd'hui $3^{kmq},2$. Verlaten-Eiland a reçu un accroissement très considérable; sa superficie, autrefois de $3^{kmq},7$, s'élève actuellement à $11^{kmq},8$.

» Du Poolsche Hoedje, il ne subsiste plus rien. A la place occupée jadis par Krakatoa, on trouve maintenant partout une mer profonde, où la sonde descend, le plus souvent à 200^{m}, et même, en quelques points, à 300^{m}.

» Les produits de l'éruption consistent presque exclusivement en ponces dont la nature a déjà été indiquée [1].

» Le volume des fragments rejetés décroît, en général, à mesure que l'on s'éloigne de Krakatoa; les matériaux grossiers sont tombés, en majeure partie, à l'intérieur d'un cercle de 15^{km} de rayon, bien que des fragments de la grosseur du poing aient encore été lancés jusqu'à la distance de 40^{km}. En dedans du cercle de 15^{km} de rayon, l'épaisseur des couches de débris est de 20^{m} à 40^{m}. Sur le revers de l'île de Krakatoa, l'épaisseur des monticules de cendre est de même, en certains points, au pied du pic de 50^{m} à 80^{m}.

» Entre Krakatoa et Sebesi gît une immense quantité de cendres et de ponces, qui a presque entièrement comblé la mer, au-dessus de laquelle elle fait saillie en deux points, auxquels on a donné les noms de *Steers-Eiland* et *Calmeyer-Eiland*. Ces îles ne dépassent que de quelques mètres le niveau de l'eau; elles ont beaucoup à souffrir du choc des vagues, n'étant composées que de matières meubles, et bientôt elles auront disparu. Les seize petits cratères signalés entre Sebesi et Krakatoa, et réduits à six ou quatre dans des relations postérieures, n'ont jamais existé. On a pris pour des volcans en travail des amas de débris fumants, méprise qui, de loin et dans les premiers temps après la catastrophe, pouvait se commettre très facilement.

« Les cendres fines ont été emportées dans la direction est-sud-est, jusque près de Bandseng (250^{km} de Krakatoa), dans la direction nord-nord-ouest jusqu'à Singapoore et Bengkalis, qui en sont respectivement distants de 835^{km} et 915^{km} dans la direction sud-ouest jusqu'à Kokos-Eiland (île Keeling), à 1200^{km} de Krakatoa; à l'ouest, au nord et au sud on ignore jusqu'à quelle distance la cendre est tombée. La superficie est au moins de $750\,000^{kmq}$. Des particules encore plus fines sont tombées dans la mer bien en dehors de cette ligne, ainsi qu'on l'a appris par les récits des navigateurs.

---

(1) *Comptes rendus*, Notice précitée.

» Enfin des particules d'une ténuité excessive, mêlées à une grande quantité de vapeur d'eau, sont restées suspendues très longtemps dans les couches supérieures de l'atmosphère et, poussées par le vent, peuvent avoir fait un voyage autour du globe. Si l'on considère que le volume des matières solides éjaculées s'élève déjà à plusieurs kilomètres cubes, et que les produits gazeux émis possédaient peut-être un volume bien des centaines de fois plus grand, l'hypothèse d'un nuage de glace cosmique invoquée pour expliquer les phénomènes météorologiques ne paraît pas à M. Verbeek dépourvu de fondement.

» Quant à la très grande hauteur à laquelle, lors des dernières et violentes éruptions, les particules ont dû être lancées, on peut rappeler que le 20 mai, dans une des premières éruptions, le nuage de fumée aurait déjà atteint, d'après des évaluations faites à bord de l'*Elisabeth*, corvette de guerre allemande, une élévation d'au moins 11^{km}. Si cette information mérite confiance, il est très possible que, lors des explosions beaucoup plus violentes des 26 et 27 août, la hauteur de projection ait été de 15^{km} à 20^{km}.

» Une évaluation aussi exacte que possible de la quantité des matières solides rejetées a donné à M. Verbeek le chiffre de 18^{kmc}. Dans les cas douteux, les nombres les plus petits ont toujours été pris, de sorte que le chiffre de 18^{kmc} peut bien être trop faible, mais non trop fort. L'erreur possible ne dépasse pas 2^{kmc} à 3^{kmc}.

» Si considérable que soit ce volume, il reste pourtant beaucoup au-dessous de celui que le Tambora a fourni en 1815 et que Junghuhn a évalué à 317^{kmc}; cette dernière évaluation, toutefois, ne repose que sur des données peu nombreuses, et M. Verbeek est porté à croire qu'un volume de 150^{kmc} à 200^{kmc} se rapprocherait plus de la vérité. Même dans ce cas, le chiffre serait encore 8 à 11 fois plus fort que celui de Krakatoa; cela, d'ailleurs, ne doit pas surprendre, puisqu'à Madoera, à plus de 500^{km} du Tambora, le soleil fut alors complètement obscurci pendant trois jours, tandis que, lors de la catastrophe de 1883, l'obscurité ne dura qu'un petit nombre d'heures.

» De ces 18^{kmc}, il n'y en a pas moins que 12, ou les $\frac{2}{3}$ de la masse totale, qui sont déposés à l'intérieur du cercle décrit autour de Krakatoa avec un rayon de 15^{km}. Comme la mer entre Krakatoa et Sebasi n'était profonde que de 36^{m} et qu'en cet endroit l'épaisseur des couches de débris atteint environ le même chiffre, la navigation est devenue entièrement impossible dans ces parages. Un peu plus loin, l'épaisseur diminue beaucoup.

» Un dernier et très important phénomène, auquel l'éruption a donné

lieu, est la production d'énormes vagues qui ont submergé les côtes basses du détroit de la Sonde, détruit une foule de *campoengs* et coûté la vie à plus de 35000 personnes.

» Au sujet de l'heure où ces ondes ont apparu, il règne beaucoup d'incertitude, et cela n'est pas étonnant. D'après des recherches minutieuses, il est très probable que, un peu avant 10^h du matin, a eu lieu l'effondrement du pic, qui était déjà miné et crevassé par les éruptions précédentes. C'était environ un volume d'au moins 1^{kmc} qui s'effondrait. C'est là, d'après M. Verbeek, que doit être la cause du grand ébranlement de la mer. L'immersion subite d'une pareille masse a dû donner naissance, autour de Krakatoa, à une immense vague annulaire.

» Il y a encore eu d'autres ondes, mais de moindre importance : une le 26 août, de 5^h à 5^h30^m du soir; une autre le 27 août au matin, à 6^h, qui ravagea Anjer.

» La grande lame formée vers 10^h a monté très haut, surtout contre les rivages escarpés du détroit de la Sonde; c'est ainsi que M. Verbeek en a mesuré, dans dix localités, les hauteurs, qui sont de 15^m à 35^m. La hauteur variable dépend de la situation des lieux, de leur éloignement de Krakatoa, de la nature plus ou moins abritée et de l'escarpement de la côte.

» C'est vers 9^h50^m que la grande lame doit être partie de Krakatoa pour se propager à de très grandes distances, entre autres jusqu'à Ceylan, Aden, Maurice, Port-Élisabeth, dans l'Afrique australe, et même jusqu'aux côtes de France. La vitesse des ondes a naturellement été très diverse; elle augmente avec la profondeur des mers.

» Pour l'archipel Indien et une couple de points en dehors de cet archipel, M. Verbeek a trouvé des chiffres qui s'élèvent, par heure, à 306 milles environ (566^{km}) pour Port-Élisabeth, où la profondeur est de 2528^m.

» Après le 28 août, on n'a plus rien entendu du volcan.

» En abordant à Krakatoa, M. Verbeek remarqua avec étonnement, sur les matières ponceuses ordinaires, deux bandes noires qui, naissant à l'altitude de 600^m, c'est-à-dire à 200^m environ du sommet, se poursuivaient en lignes assez droites, sur une longueur de 1300^m, et jusqu'à 100^m au-dessus du niveau de la mer. C'étaient deux courants de boue qui avaient coulé sur le versant de la montagne et qui recouvraient la ponce blanche avec une épaisseur moyenne de $0^m,2$ à $0^m,3$, sur une largeur de 1^m à 5^m. Cette éruption a amené aussi au jour de petites boules parfaitement arrondies, semblables à des billes d'enfant, d'un diamètre de $0^m,015$ à $0^m,06$. Ces

boules consistent en un calcaire marneux qui doit provenir des couches existant au fond du détroit de la Sonde, dans le voisinage du Krakatoa, et dont les débris ont été éjaculés par le cratère.

» Cette dernière éruption n'a probablement eu lieu que vers le 10 octobre, à $9^h 30$ du soir, ce qui correspondrait à une onde liquide assez forte, arrivée vers 10^h à Tjikawaeng, et la seule qui ait été remarquée depuis le 28 août. »

GÉOMÉTRIE. — *Note sur le degré des surfaces osculatrices;* par M. DE JONQUIÈRES.

« I. Déterminer le degré de toutes les surfaces algébriques qui peuvent être *osculatrices* d'une autre surface, c'est-à-dire avoir avec celle-ci le contact *de l'ordre le plus élevé*, est un problème qui dépend, comme l'on sait, du suivant :

» Quelles sont, en nombres entiers et positifs pour m et n, toutes les solutions de l'équation

$$(a)\qquad \frac{(m+1)(m+2)(m+3)}{6} - 1 = \frac{(n+1)(n+2)}{2}?$$

» Mais l'Arithmétique supérieure ne donne, à cet égard, aucune méthode ([1]).

» A défaut, on peut au moins désirer connaître les catégories de nombres (s'il en existe de particulières) dans lesquelles peuvent se rencontrer des valeurs de m satisfaisant à l'équation (a). Cette recherche m'a conduit aux résultats ci-après.

» II. Je démontre ([2]) que les catégories ou *formes* dont il s'agit se bornent aux trois suivantes :

» 1° $m = 5t, \ldots$, t étant un entier $\gtreqless 1$;

» 2° $m = 50t + 1 = 2t.5^2 + 1, \ldots$, t recevant toutes les valeurs entières à partir de 0, à l'exclusion toutefois de celles où le chiffre des unités est 1, 2, 6 ou 7;

» 3° $m = 50t + 26 = (2t+1)5^2 + 1, \ldots$, t recevant toutes les valeurs entières, à l'exclusion toutefois de celles où le chiffre des unités est 3, 4, 8 ou 9.

([1]) HERMITE, *Cours d'Analyse*, p. 145 (Gauthier-Villars, Paris, 1873).

([2]) Je donnerai ailleurs ces démonstrations, qui sont très simples.

» On remarquera dans ces formules l'intervention presque absolue du nombre 5, l'une ne se composant que de ses multiples, et les deux autres de certains des multiples de son carré, les uns pairs, les autres impairs, augmentés de l'unité.

» III. En appliquant le calcul numérique, j'ai trouvé pour les solutions de la première forme

$$m=5,\quad \text{conjuguée à}\quad n=9$$

(ce résultat était connu et a donné lieu à une curieuse et savante étude de M. Halphen dans le tome III du *Bulletin de la Société mathématique*, p. 28);

$$m=20,\quad \text{conjuguée à}\quad n=58,$$

et il n'en existe pas d'autre jusques et y compris $m=300$.

» La seconde forme ne donne, jusques et y compris $m=1000$, que la solution (si elle mérite ce nom)

$$m=1,\quad \text{conjuguée à}\quad n=3.$$

» Enfin, la troisième forme ne donne rien pour m inférieur à 1000. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une extension de la loi de Harriot relative aux équations algébriques;* par M. SYLVESTER.

« On peut envisager la loi de Harriot comme une loi qui affirme la possibilité de décomposer d'une seule manière un polynôme en x dans un produit de facteurs linéaires composés avec les différences entre x et les racines du polynôme. En réfléchissant sur la cause de cette possibilité et la manière de la démontrer, on voit facilement que le même principe doit, avec une certaine modification, s'appliquer à toute équation en matrices d'un ordre quelconque dont les coefficients sont transitifs entre eux-mêmes, c'est-à-dire qui agissent les uns sur les autres exactement comme les quantités de l'Algèbre ordinaire, si chaque coefficient, par exemple, est une fonction rationnelle de la même matrice. On peut nommer les équations dont les coefficients satisfont à cette condition équations *monothétiques* : on remarquera que de telles équations forment une classe spéciale des équations que j'ai nommées *unilatérales* dans une Note précédente.

» Pour fixer les idées, prenons comme exemple une équation monothétique du second degré en matrices binaires, laquelle peut toujours être

ramenée à la forme

$$x^2 - 2px + Ap + B = 0.$$

» En supposant que $p^2 - (\alpha + \beta)p + \alpha\beta = 0$ soit l'*équation identique* de p, on aura

$$x = \frac{p-\beta}{\alpha-\beta}(\alpha \pm \sqrt{\alpha^2 - A\alpha - B}) + \frac{p-\alpha}{\beta-\alpha}(\beta \pm \sqrt{\beta^2 - A\beta - B})$$

» Faisons $\frac{p-\beta}{\alpha-\beta}\sqrt{\alpha^2 - A\alpha - B} = u$, $\frac{p-\alpha}{\beta-\alpha}\sqrt{\beta^2 - A\beta - B} = v$. Alors les quatre racines de p seront

$$p+u+v, \quad p-u-v; \quad p+u-v, \quad p-u+v.$$

Disons r_1, r_2, r_3, r_4.

» On trouve

$$(p-\beta)^2 = (p-\beta)(p-\alpha) + (\alpha-\beta)(p-\beta) = (\alpha-\beta)(p-\beta),$$

et de même

$$(p-\alpha)^2 = (\beta-\alpha)(p-\alpha),$$

de sorte que

$$\begin{aligned} u^2 + v^2 &= \frac{p-\beta}{\alpha-\beta}(\alpha^2 - A\alpha - B) + \frac{p-\alpha}{\beta-\alpha}(\beta^2 - A\beta - B) \\ &= (\alpha+\beta)p - \alpha\beta - Ap - B = p^2 - Ap - B. \end{aligned}$$

On a aussi $uv = 0$ et conséquemment $(u+v)^2 = u^2 + v^2 = (u-v)^2$. Donc

$$\begin{aligned} (x-r_1)(x-r_2) &= (x-p)^2 - (u+v)^2 = x^2 - 2px + Ap + B, \\ (x-r_3)(x-r_4) &= (x-p)^2 - (u-v)^2 = x^2 - 2px + Ap + B. \end{aligned}$$

» Or considérons le cas général d'une équation monothétique du degré n en matrices de l'ordre ω.

» Cette équation (que j'écrirai $fx = 0$), en vertu de ce que j'ai nommé la seconde loi de mouvement algébrique (c'est-à-dire la formule

$$\varphi m = \sum \frac{(m-b)(m-c)\ldots(m-l)}{(a-b)(a-c)\ldots(a-l)}\varphi a,$$

où $a, b, c, \ldots, l$ sont les *racines latentes* de la matrice m), aura n^ω racines qu'on peut représenter par les symboles composés

$$r_1, \quad r_2, \quad \ldots, \quad r_\omega,$$

où chaque r parcourt les valeurs 1, 2, 3, ..., n.

» En réfléchissant sur la manière de démontrer le principe de Harriot, on arrivera facilement à la conclusion suivante : en prenant une combinaison quelconque de n symboles $r_1, r_2, \ldots, r_\omega$, de telle manière que chaque r parcoure toutes ses n valeurs, $R_1, R_2, \ldots, R_n$, on aura

$$fx = (x - R_1)(x - R_2)\ldots(x - R_n).$$

» Ainsi on arrive au théorème suivant :

» *Toute fonction monothétique rationnelle et entière de x du degré n en matrices de l'ordre ω peut être représentée de $(1.2.3,\ldots,n)^{\omega-1}$ manières différentes comme un produit de n facteurs linéaires dont chacun sera la différence entre x et une des racines de la fonction donnée.*

» Telle est la loi de Harriot, étendue au cas des quantités multiirrationnelles.

» Dans le cas de l'Algèbre ordinaire, $\omega = 1$, et le nombre des décompositions de fx en facteurs, selon la formule, devient unique, comme il doit être.

De même, pour les quaternions, le nombre des décompositions d'une fonction monothétique du degré n en facteurs linéaires sera πn. Par exemple, si $n = 3$, les racines de fx peuvent être exprimées par les neuf symboles

$$\begin{matrix} 0.0 & 0.1 & 0.2 \\ 1.0 & 1.1 & 1.2 \\ 2.0 & 2.1 & 2.2 \end{matrix}$$

La fonction (comme on le démontrera facilement) peut être mise sous la forme $x - 0.0$ multipliée par une fonction quadratique dont les racines seront des racines de fx, et conséquemment, par raison de symétrie, seront les quatre racines

$$\begin{matrix} 1.1 & 1.2, \\ 2.1 & 2.2; \end{matrix}$$

donc la fonction quadratique dont j'ai parlé sera égale à

$$(x - 1.1)(x - 2.2)$$

et à

$$(x - 1.2)(x - 2.1).$$

Ainsi il y aura deux décompositions de fx qui correspondent aux deux diagonales 0.0, 1.1, 2.2; 0.0, 1.2, 2.1, et de même il y aura des décom-

positions qui répondent aux diagonales 0.1, 1.2, 2.0; 0.1, 1.0, 2.2; 0.2, 1.0, 2.1; 0.2, 1.1, 2.0, de sorte que le nombre total est égal à 1.2.3.

De même, quand fx est monothétique et matrice du troisième ordre, on peut prendre les diagonales d'un cube. Par exemple, les racines de l'équation monothétique du second degré en matrices du troisième ordre peuvent être représentées par

$$\begin{matrix} 0.0.0 & 0.0.1 & 0.1.0 & 0.1.1 \\ 1.1.1 & 1.1.0 & 1.0.1 & 1.0.0 \end{matrix}$$

et l'on aura les quatre décompositions

$$(x - 0.0.0)(x - 1.1.1); \quad (x - 0.0.1)(x - 1.1.0);$$
$$(x - 0.1.0)(x - 1.0.1); \quad (x - 0.1.1)(x - 1.0.0);$$

et de même, en général, pour le degré n, le nombre des diagonales (en se servant de ce mot dans le sens analytique, bien entendu) sera

$$(1.2.3\ldots n)^2.$$

C'est ainsi qu'on trouve l'expression générale que j'ai donnée $(\pi n)^{\omega-1}$ pour le nombre des décompositions quand le degré est n et que l'ordre des matrices est ω.

En multipliant ensemble toutes les équations de décomposition, et en nommant ν chacune des n^ω racines, on parvient à l'équation

$$\pi(x - \nu)^{\pi(n-1)^{\omega-1}} = (fx)^{\pi n^{\omega-1}};$$

donc, quoiqu'on ne puisse pas en général conclure que, si $X^j = Y^j$ (X et Y étant des matrices), X est nécessairement égal à Y, il y a toute raison de croire qu'on pourra démontrer que, dans le cas actuel, on aura

$$\pi(x - \nu) = (fx)^{n^{\omega-1}}.$$

» Ainsi la règle de Harriot se reproduira de nouveau sous la forme très peu modifiée qu'un polynôme (monothétique) en x (élevé à une puissance convenable) est égal au produit des différences entre x et toutes les racines en succession de ce polynôme.

» On aura remarqué, dans ce qui précède, qu'en appliquant la seconde des trois lois du mouvement algébrique aux équations monothétiques, on a trouvé que le nombre des racines est n^ω, et conséquemment est n^2 dans le cas des quaternions, tandis que le nombre des racines pour la classe des

équations en quaternions unilatérales (à laquelle les formes monothétiques appartiennent) est en général $n^3 - n^2 + n$ (*voir* le numéro d'avril 1884 du *London and Edinburgh Phil. Mag.*), de sorte qu'il y a une élimination $n(n-1)^2$ de racines en passant du cas général au cas particulier.

» Il reste à examiner s'il n'est pas possible d'étendre la loi de Harriot aux équations unilatérales polythétiques. C'est ce que je vais étudier, mais sans cela, et en me bornant au cas monothétique, il me semble qu'en attribuant aux éléments des matrices des valeurs entières (simples ou complexes), comme le fait M. le professeur Lipschitz pour les quaternions, on voit s'ouvrir un nouveau champ immense de recherches arithmétiques fondées sur la loi fondamentale de Harriot généralisée de la manière indiquée dans ce qui précède. »

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *La conservation des énergies stellaires et la variation des températures terrestres.* Mémoire de M. **Duponchel**. (Extrait.)

(Commissaires : MM. Faye, Bouquet de la Grye.)

« ... Les faits signalés par M. Roche deviennent plus évidents encore, quand, les rapportant à la cause que je leur assigne et se rappelant d'ailleurs que la révolution terrestre annuelle correspond à un nombre exact, non de rotations, mais de demi-rotations réelles du Soleil (29 demi-rotations réelles, 27 relatives), le retour régulier de la même période, ou plutôt de la même phase, ne se reproduit pas tous les ans, mais tous les deux ans. En opérant sur une partie des Tableaux d'observation qui avaient servi aux travaux de M. Roche et groupant les chiffres de la période décennale (1857 à 1866) en deux séries distinctes, l'une pour les années paires, l'autre pour les années impaires, je suis arrivé, malgré le peu de durée relative de ces observations, à des résultats de moyenne suffisants, non seulement pour mettre hors de doute la périodicité du phénomène, mais pour permettre de dresser, à l'aide des principes théoriques, le Tableau ci-dessous, qui indique, avec une approximation probablement assez grande, la variation des points de température minima correspondant aux différents jours de chaque mois, pour les deux séries des années paires et impaires correspondant à la coïncidence de phases différentes.

Tableau indiquant la succession probable des dates approximatives de maximum et de minimum de la radiation solaire.

	Années paires.		Années impaires.	
	Maxima.	Minima	Maxima.	Minima.
Janvier.......	31 déc.	6	31 déc.	8
»	12	21	14	20
Février.......	26 janv.	1	26	4
»	7	17	9	15
Mars.........	23 fév.	28 fév.	21 fév.	3
»	6	16	8	13
»	22	27	19	30 mars
Avril........	2	12	4	10
»	18	24	16	26
Mai..........	30 avril	9	1	8
»	16	22	14	23
Juin.........	28 mai	5	30 mai	5
»	12	19	11	19
Juillet.......	25 juin	2	25 juin	3
»	9	16	9	16
»	22	29	23	31
Août.........	5	13	5	12
»	19	25	18	28
Septembre.....	1	10	2	8
»	15	21	14	24
Octobre......	27 sept.	7	29 sept.	5
»	12	18	11	20
Novembre.....	25 oct.	2	25	1
»	8	14	7	15
»	20	28	21	28
Décembre.....	4	11	3	11
»	17	25	17	25

M. Caillol de Poncy soumet au jugement de l'Académie un Mémoire intitulé « Appareil enregistreur des dégagements gazeux ».

(Commissaires : MM. Edm. Becquerel, Wurtz.)

M. G. Schertzinger adresse une Communication relative au Phylloxera.

(Renvoi à la Commission du Phylloxera.)

CORRESPONDANCE.

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Une brochure de M. *F. Folie*, portant pour titre : « Théorie des mouvements diurne, annuel et séculaire de l'axe du monde »;

2° Le troisième Cahier de l'année 1884 des *Acta mathematica*, journal rédigé par M. *G. Mittag-Leffler*. (Présenté par M. Hermite.)

PHYSIQUE. — *Sur l'étalon absolu de lumière*. Note de M. J. Violle, présentée par M. Debray.

« L'étude de la radiation émise par l'argent fondu ([1]) avait essentiellement pour but de vérifier le principe de la méthode qui consiste à prendre comme étalon de lumière un métal à son point de fusion, suivant l'idée que j'avais formulée au Congrès international des électriciens en 1881.

» Les recherches préliminaires ayant établi la constance du rayonnement pendant toute la durée de la solidification, j'ai pu aborder avec sûreté la réalisation de l'étalon absolu.

» Je prends comme unité absolue de lumière la radiation émise par une surface de 1^{cq} de platine à son point de solidification.

» Il suffit d'augmenter la surface pour obtenir un multiple déterminé de l'unité.

» La lampe Carcel, type Dumas et Regnault, ayant été adoptée comme étalon secondaire usuel, j'ai dû chercher, en premier lieu, à établir la valeur de cette lampe relativement à mon étalon prototype. Par différentes méthodes bien concordantes, j'ai trouvé pour valeur de la lampe Carcel normale C

$$C = \frac{1}{2,08};$$

d'où, en tenant compte des surfaces, on conclut que l'intensité intrinsèque de notre étalon est, à très peu près, onze fois celle de la lampe Carcel.

» J'ai opéré également sur les foyers électriques. La comparaison avec l'étalon s'est montrée pratiquement très satisfaisante. Je rapporterai seulement les expériences faites avec les lampes à incandescence, dont la con-

([1]) Voir *Comptes rendus*, t. XCVI, p. 1033.

stance et la couleur rendent la comparaison avec le platine très facile et très sûre.

» La lampe à incandescence (système Swan) était alimentée par une batterie de trente accumulateurs de Kabath. Une boîte de résistance intercalée dans le circuit permettait de faire varier le régime. Toutes les minutes, un observateur notait l'intensité i du courant et la chute de potentiel e entre les bornes de la lampe. Il suffisait donc de relever l'instant de chaque mesure photométrique pour connaître le régime correspondant de la lampe et, par suite, son pouvoir éclairant E, des expériences spéciales effectuées au commencement et à la fin de chaque séance ayant établi ce pouvoir éclairant pour différentes valeurs de ie. Les valeurs relatives de E, inscrites plus bas, étant déduites des mesures électriques, sont indépendantes des variations possibles de la lampe Carcel.

» Pour effectuer la comparaison de la lampe électrique à l'étalon, on s'est servi d'un photomètre Bunsen, que l'on pouvait déplacer entre les deux sources séparées l'une de l'autre par une distance horizontale de 4^m. Les rayons émis verticalement par le platine étant rabattus horizontalement au moyen d'un miroir à 45°, la distance effective totale était de $4^m,50$ environ. Elle a été déterminée chaque fois exactement; nous la désignerons par Δ; nous appellerons D la distance du platine au photomètre.

» Dans une première séance, trois observateurs différents ont fait chacun six mesures. Des dix-huit déterminations ainsi obtenues, on peut déduire autant de valeurs de l'expression $\frac{ED^2}{(\Delta - D)^2}$, représentant l'intensité, en carcels, de la lumière que réfléchit le miroir placé au-dessus du platine. Relativement aux observateurs, ces valeurs se partagent en trois groupes, dont les moyennes respectives sont :

G........................	7,018
M........................	7,016
V........................	7,035
Moyenne........	7,023

» Relativement au régime de la lampe, elles se divisent encore en trois groupes :

i.	e.	ie.	E.	D.	$\frac{D^2}{(\Delta-D)^2}$.	$\frac{ED^2}{(\Delta-D)^2}$.	
0,88.....	48,2	42,4	1,64	3060	4,275	7,011	(7 exp.)
»	48,5	42,7	1,75	3033	4,067	7,066	(3 »)
»	48,4	42,6	1,71	3040	4,108	7,023	(8 »)
					Moyenne........	7,023	

» Dans une dernière séance, on fit varier beaucoup plus le régime de la lampe; le Tableau suivant résume les observations :

i.	e.	ie.	E.	D.	$\frac{D^2}{(\Delta - D)^2}$.	$\frac{ED^2}{(\Delta - D)^2}$.	
0,86.....	47,7	41	1,35	3140	5,177	6,989	(3 exp.)
»	47,9	41,2	1,37	3130	5,071	6,947	(2 »)
»	48	41,3	1,38	3130	5,071	6,998	(2 »)
0,89.....	49,3	43,9	1,70	3030	4,135	7,029	(3 »)
0,90.....	49,5	44,6	1,80	2995	3,857	6,943	(2 »)
			Moyenne.............			6,986	

» Les mesures photométriques s'accordent bien avec les mesures électriques. Elles donneraient pour la carcel normale $C = \frac{1}{2,07}$, valeur très voisine de celle que nous avons trouvée directement.

» En résumé, le platine à son point de fusion remplit les conditions que l'on doit exiger d'un étalon absolu de lumière : il repose sur un phénomène physique parfaitement défini et constant, et, d'une grandeur convenable, il constitue un terme de comparaison pratique avec les étalons usuels. »

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la détermination de l'ohm;* par MM. **E. Mascart, F. de Nerville** et **R. Benoit.**

« Afin de répondre au programme de la Commission internationale des unités électriques, nous avons organisé une série d'expériences pour déterminer les dimensions de la colonne de mercure à zéro qui représente l'unité de résistance pratique, ou la valeur de l'ohm; nous ne pouvons dans cette Note donner qu'un court résumé des méthodes et des résultats.

» La résistance absolue d'un circuit conducteur a été mesurée par le courant induit qui se développe quand on déplace ce circuit dans le champ magnétique terrestre (Weber), ou quand on le soumet à l'action d'un courant voisin (Kirchhoff). Ces deux méthodes avaient l'avantage de présenter plusieurs caractères communs et de comporter l'emploi des mêmes instruments, de manière à se prêter à un contrôle réciproque.

» Pour éliminer les erreurs systématiques, nous avons construit 5 bobines, dont 2 étaient recouvertes de plusieurs fils distincts, et l'on a utilisé 17 combinaisons différentes, à vrai dire inégalement avantageuses.

» Dans la première méthode, on fait tourner brusquement d'une demi-circonférence, autour d'un axe vertical, un cadre d'abord perpendi-

culaire au méridien magnétique, et l'on observe l'impulsion imprimée par le courant induit à l'aiguille d'un galvanomètre intercalé dans le circuit. La résistance est donnée par l'expression

$$(1) \qquad R = 2S\frac{H}{h}g\frac{\pi}{\tau\theta},$$

dans laquelle S désigne la surface enveloppée par le fil du cadre, H et h les valeurs de la composante horizontale du champ magnétique aux points où se trouvent le cadre et le galvanomètre balistique, g la constante du galvanomètre, c'est-à-dire l'action de l'unité de courant sur l'aiguille, θ l'angle d'impulsion corrigé de l'amortissement et τ la durée des oscillations infiniment petites, toutes réductions faites.

» Dans la seconde méthode, l'induction sur le cadre est produite par l'inversion d'un courant voisin. En appelant I le courant inducteur, M le coefficient d'induction mutuelle des deux circuits, et conservant aux autres lettres la même signification, la résistance du circuit induit est

$$R = 2M\frac{Ig}{h}\frac{\pi}{\tau\theta}.$$

» L'intensité I étant déterminée par la déviation α d'une boussole des tangentes dont les éléments sont h' et g', on a

$$(2) \qquad R = 2M\frac{g}{g'}\frac{h'}{h}\frac{\pi}{\tau\theta}\operatorname{tang}\alpha.$$

» Pour éliminer de la formule (1) les quantités H, h et g, on a utilisé le cadre lui-même comme boussole des tangentes et fait passer dans le cadre et le galvanomètre un courant commun qui donnait les déviations Δ et δ. G étant la constante du cadre, on a

$$(1)' \qquad R = 2SG\frac{\operatorname{tang}\delta}{\operatorname{tang}\Delta}\frac{\pi}{\tau\theta}.$$

» On élimine de même les quantités h, g, h' et g' de la formule (2) en observant les déviations δ et δ' produites par un courant commun dans le galvanomètre balistique et la boussole des tangentes, ce qui donne

$$(2)' \qquad R = 2M\frac{\operatorname{tang}\delta}{\operatorname{tang}\delta'}\frac{\pi}{\tau\theta}\operatorname{tang}\alpha.$$

» Les expressions (1)' et (2)' ne renferment plus que les données directes de l'expérience et les quantités S, G et M qui sont déterminées par les dimensions des bobines.

» Les éléments S et G d'une bobine à gorge rectangulaire se déduisent, par des méthodes connues, de la longueur du fil, du nombre de tours et des dimensions de la gorge.

» Le coefficient M d'induction mutuelle de deux bobines peut être calculé à l'aide des intégrales elliptiques, suivant une méthode indiquée par Maxwell; mais ce calcul nous a paru beaucoup plus simple par l'emploi d'une série développée suivant les puissances croissantes du rapport des rayons moyens.

» Lorsque, dans la méthode de Weber, les différents fils des bobines multiples sont réunis en série ou en dérivation, les quantités G et S qui entrent dans la formule (1)' peuvent être déduites de celles qui sont relatives aux fils distincts par la loi habituelle des courants dérivés, dont l'application est alors légitime. On calcule de la même manière le coefficient d'induction mutuelle d'une bobine à fil unique et d'une bobine à fils multiples groupés partiellement en série ou en dérivation.

» Les appareils ont été installés au Pavillon français, dans le parc de Trianon, que M. le Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts avait bien voulu mettre à notre disposition. Nous avons fait ainsi, avec différentes combinaisons de bobines et d'après les deux méthodes, plus de cinquantes séries complètes d'observations, dont chacune exigeait de deux heures et demie à trois heures. La résistance du circuit étant comparée chaque fois à celle d'un étalon (B.A.U) de l'Association britannique, il en est résulté comme moyenne générale

$$\text{B.A.U} = 0^{\text{ohm}},9861.$$

» Pour évaluer cette résistance en colonne de mercure, on a construit quatre tubes de 1^{mmq} de section environ, et on leur a donné une longueur telle que, une fois pleins de mercure, ils eussent sensiblement la même résistance qu'un étalon B.A.U.

» Ces tubes avaient été préalablement divisés en parties d'égale longueur et calibrés avec le plus grand soin au Bureau international des Poids et Mesures, avec l'autorisation et le bienveillant concours de M. Broch. Chacun des tubes ayant été ajusté à ses extrémités dans des vases en verre à large ouverture, on l'a rempli de mercure *dans le vide* et l'on a comparé sa résistance avec celle d'un étalon B. A. U., à la température ordinaire et dans la glace fondante.

» L'expérience a montré d'ailleurs que le remplissage dans l'air n'affec-

tait, d'une manière appréciable, ni les pesées relatives au calibrage, ni la résistance électrique.

» Le terme de correction pour la résistance aux extrémités a été calculé par la formule de lord Rayleigh; on a vérifié d'ailleurs directement l'exactitude de cette formule en coupant un tube en plusieurs fragments, rattachés entre eux par des vases à large ouverture, et déterminant la variation de résistance produite par chacune des coupures.

» Des mesures très concordantes sur les quatre tubes ont donné :

$$1 \text{ unité mercurielle} = 0^{\text{B.A.U.}},95374;$$

par suite,

$$1 \text{ unité mercurielle} = 0^{\text{ohm}},9405.$$

» Il en résulte que la longueur de la colonne de mercure à zéro, de 1^{mmq} de section, qui représente la valeur de l'ohm, est de $1063^{\text{mm}},3$.

» Ce résultat est la moyenne brute des expériences sans aucune distinction. Toutefois une discussion plus attentive, dans laquelle on met à part les expériences qui présentent le plus de garanties, soit par la grandeur des impulsions, soit surtout par les conditions dans lesquelles les sensibilités des deux galvanomètres étaient comparées, en tenant compte aussi de quelques corrections accessoires, conduit à considérer le nombre 1063 comme étant un peu trop élevé. »

ÉLECTRICITÉ. — *Sur l'application des lois de l'induction à la théorie hélio-électrique des perturbations du magnétisme terrestre.* Note de M. QUET.

« Les travaux que j'ai adressés, dans ces derniers temps, à l'Académie peuvent être considérés à deux points de vue :

» D'un côté, ils comprennent une suite de propositions nouvelles sur l'induction électrique, par exemple la loi de l'induction produite par le mouvement de translation d'un système de courants électriques; une autre loi sur l'induction due à la rotation du système autour d'un axe; des propositions sur l'induction causée par la variation d'intensité des courants, soit dans un cercle ou dans une spirale plate, ou bien dans un solénoïde sphérique, soit encore dans un système quelconque de circuits plans de très petites dimensions, et aussi diverses autres lois.

» D'un autre côté, j'ai appliqué ces lois à la discussion précise de la théorie, dans laquelle la plupart des variations du magnétisme terrestre sont attribuées à l'action directe du Soleil sur notre globe. C'est ainsi que j'ai

trouvé, pour les principales forces élémentaires d'induction, une période d'un jour solaire moyen, une inégalité horaire de douze mois, une variation annuelle et une période dont la durée est égale à celle de la rotation apparente du Soleil autour de son axe. Cette dernière période, qui est constatée par de nombreuses observations, n'est donnée que par la théorie de l'action directe; au besoin, elle pourrait faire connaître, à l'aide de simples observations magnétiques, la vitesse de rotation du Soleil autour des on axe.

» Quel que soit le sort que l'avenir réserve à la théorie de l'action directe, les propositions et les lois que j'ai démontrées n'en subsisteront pas moins; celles-ci forment donc, dès aujourd'hui, les diverses parties d'un chapitre nouveau de la mécanique électrique.

» Je vais maintenant examiner avec quelques détails les effets des orages électriques du Soleil sur la Terre. Ces orages se passent très loin de nous et l'on pourrait craindre que, à cause de l'énorme distance, le contre-coup sur la Terre ne fût insensible, si les variations d'intensité n'étaient excessives et hors de toute proportion avec les changements que nous pouvons opérer nous-mêmes dans les courants électriques. Mais on peut lever cette difficulté. Supposons, pour un moment, que les courants du Soleil soient distribués, à sa surface, sur des cercles parallèles, se succédant d'hectomètre en hectomètre, et que la masse induite située à la distance de la Terre se trouve dans le grand cercle parallèle à ces courants; d'après les lois et les calculs que j'ai donnés dans les *Comptes rendus* du tome XCVII (p. 800 et 993), pour la même variation d'intensité, l'induction solaire est au moins double de celle du multiplicateur de comparaison; elle est donc sensible comme cette dernière. Les courants solaires ne sont pas distribués comme nous venons de le supposer, mais cela n'empêche pas de voir ainsi qu'il est possible d'obtenir une induction sensible sur la Terre par des variations des courants solaires du même ordre de grandeur que celles de nos courants voltaïques. C'est aussi ce que l'on peut montrer de la manière suivante : Supposons que les courants solaires soient égaux, parallèles, de même aire de circuit, qu'ils éprouvent la même variation d'intensité et induisent une masse placée, à la distance de la Terre, dans le plan mené parallèlement aux circuits par le centre du Soleil. En outre, admettons qu'il y ait un courant par chaque mètre cube du volume de l'astre et que l'aire du circuit soit d'un décimètre carré : la force d'induction produite par chaque courant sera très faible et, d'après mes formules des *Comptes rendus*, t. XCVII, p. 639, elle se trouvera représentée

par $\frac{\omega}{R^2}\frac{di}{dt}$, ou par $0,4592.10^{-24}\frac{di}{dt}$, si l'aire ω du circuit est d'un décimètre carré et que R soit la distance de la Terre au Soleil. Or le nombre de mètres cubes du Soleil est à peu près $1,3826.10^{27}$, ce qui constitue un très puissant multiplicateur. La résultante est donc $634,89\frac{di}{dt}$, ou environ 8 fois l'induction sensible qui nous a déjà servi de terme de comparaison.

» Lorsque les courants solaires varient brusquement d'intensité, la force d'induction, qui en résulte, doit saisir simultanément toutes les parties du fluide électrique de la Terre, et les perturbations magnétiques, qui en sont la conséquence, doivent commencer simultanément sur tous les points du globe : c'est, en effet, ce qui arrive lorsque les perturbations présentent un certain degré de généralité, par exemple dans les perturbations et orages magnétiques qui se sont succédé du 11 au 13 août 1880; des relevés photographiques ont été faits, indiquant les variations des éléments magnétiques correspondantes aux diverses heures de chaque localité. M. Grylls Adam a dressé les cartes de ces perturbations en ramenant le temps local à celui de Greenwich : un coup d'œil sur ces cartes suffit pour constater que les perturbations ont commencé simultanément dans toutes les stations d'observations magnétiques.

» L'observation a montré que les perturbations magnétiques ont une période décennale calquée sensiblement sur celle des taches solaires. Les uns, admettant l'égalité parfaite des deux périodes, en ont conclu que les deux phénomènes doivent avoir une cause première commune. D'autres, ne voyant pas quel rapport il peut y avoir entre les taches du Soleil et les perturbations magnétiques de notre globe, et n'ayant pas d'ailleurs la certitude que les deux périodes soient rigoureusement égales, ont douté de cette égalité et par suite de l'existence d'une cause première commune. Cette deuxième difficulté ne se rencontre pas dans la théorie hélio-électrique des perturbations magnétiques, puisque la cause des perturbations est dans le Soleil tout aussi bien que celle des taches; on peut alors concevoir plus aisément une cause première commune, et une simple comparaison aide à cette conception : on n'a qu'à se rappeler les expériences que j'ai présentées à l'Académie en 1852, et dans lesquelles j'employais une machine de Ruhmkorff, un œuf électrique et un galvanomètre. Lorsque le marteau de la machine était soulevé, l'aiguille du galvanomètre se déviait et il se produisait dans l'œuf une colonne de lumière stratifiée dont les couches obscures, vues par les bords, présentaient l'apparence de taches

parallèles. En remplaçant l'aiguille par une spirale d'induction, on aurait à la fois, dans des lieux différents, des taches sur une colonne lumineuse et une induction électrique. Cette comparaison doit être laissée dans les limites très restreintes que j'ai indiqués, ma pensée n'étant nullement d'examiner ici la nature et l'origine des taches solaires.

» Au reste, des faits particuliers semblent confirmer l'idée d'une relation entre les taches solaires et les perturbations magnétiques de la Terre. M. Carrington remarqua un jour dans un groupe de taches solaires une émission subite de vive lumière qui dura de $11^h 18^m$ à $11^h 23^m$, le 2 décembre 1857; et dans ce moment même les appareils de Kew enregistraient une forte perturbation magnétique. En 1859, M. Armströng observa, le 1er septembre, une coïncidence du même genre. »

ÉLECTRICITÉ. — *Résistance apparente de l'arc voltaïque des phares.* Note de M. F. **Lucas**, présentée par M. Cornu.

« L'arc voltaïque ordinaire des phares (*lumière simple*) jaillit entre les pointes de deux charbons Carré, de 16^{mm} de diamètre, dont l'écartement est maintenu à peu près constant (4^{mm} en moyenne) par l'action d'un régulateur Serrin. L'introduction d'un arc voltaïque dans un circuit desservi par une machine magnéto-électrique à courants alternatifs produit toujours une diminution de l'intensité moyenne du courant; les choses se passent comme si l'arc était lui-même un conducteur dont la résistance ζ serait une fonction de deux variables, savoir : l'intensité I du courant électrique et l'écartement ε des pointes des charbons. On peut donc poser

$$(1) \qquad \zeta = \varphi(\mathrm{I})\psi(\varepsilon),$$

φ et ψ étant deux fonctions inconnues qu'il s'agit de déterminer.

» Pour étudier la fonction $\varphi(\mathrm{I})$, on peut attribuer à ε une valeur constante et faire varier I. Pour réaliser des expériences de cette nature, c'est-à-dire pour conserver à ε une valeur à peu près invariable malgré les variations du courant, il serait difficile de donner à l'arc voltaïque une hauteur appréciable; il est facile, au contraire, de rendre ε à peu près nul en maintenant au contact les deux bases circulaires des crayons; de cette manière $\psi(\varepsilon)$ devient $\psi(0)$ et prend une valeur constante que l'on peut représenter par l'unité. J'ai donc mis en contact par leurs pointes deux

crayons Carré de 16^{mm} de diamètre et de $0^{m},40$ de longueur libre entre leurs douilles de bronze. La résistance à froid de ce système (non compris l'augmentation de résistance résultant de la solution de continuité au contact des pointes) avait pour valeur $0^{ohm},135$. Sous le passage d'un courant d'intensité I, la résistance propre y des deux crayons était donnée par la formule

$$(2) \qquad y = 0^{ohm},135\left(1 - \frac{I}{25^{amp} + 1,2I}\right),$$

que j'ai précédemment établie et indiquée dans les *Comptes rendus* du 31 mars dernier. Adoptant pour la machine magnéto-électrique un mode d'attelage fixe (les deux circuits en tension), je faisais varier l'intensité du courant électrique en disposant, d'une part, du nombre n des tours que l'induit faisait par minute, et, d'autre part, de la longueur des câbles de cuivre (d'une résistance de $0^{ohm},000464$ par mètre courant) que je faisais entrer dans le circuit extérieur. Pour chaque valeur de I, mesurée au moyen d'un électro-dynamomètre, la résistance totale R du circuit extérieur était donnée par la formule

$$(3) \qquad R = \frac{12^{volts},88 + 0^{volt},218n}{I} - 0^{ohm},254 - 0^{ohm},00254n,$$

dont j'ai fait connaître l'origine dans une Note insérée aux *Comptes rendus* du 17 mars. En déduisant de R, d'une part, la résistance y des charbons et, d'autre part, la résistance connue des câbles de cuivre, j'obtenais, pour chaque valeur de I, la résistance $\varphi(I)$ correspondante pour un arc voltaïque de hauteur presque nulle qui jaillissait entre les pointes des deux charbons. Dans ces expériences, l'intensité I a varié depuis 40^{amp} jusqu'à 75^{amp}, et j'ai reconnu que les résultats obtenus sont représentés avec une grande approximation par la formule empirique

$$(4) \qquad \varphi(I) = 0^{ohm},40\left(1 - \frac{I}{80^{amp}}\right).$$

» La formule (1) devient, par conséquent

$$(5) \qquad \zeta = 0^{ohm},40\left(1 - \frac{I}{80^{amp}}\right)\psi(\varepsilon).$$

» Il reste à déterminer la nature de la fonction ψ de l'écartement des charbons; j'ai réalisé dans ce but une autre série d'expériences. La résistance à froid du système de deux charbons de 16^{mm} de diamètre employés

dans ces nouvelles expériences était de $0^{ohm},094$; il entrait dans le circuit 49^{m} de câble de cuivre, présentant une résistance de $0^{ohm},023$; la vitesse de rotation de l'induit restait constante ($n = 430$ tours par minute), dans toutes les expériences. L'intensité I du courant devenait, dans ces conditions, une fonction de l'écartement ε des pointes des charbons; avec un écartement sensiblement nul, j'ai obtenu $74^{amp},36$; avec 4^{mm} d'écartement, on avait $58^{amp},17$; avec 9^{mm}, l'intensité tombait à $34^{amp},30$; pour un écartement de 10^{mm}, l'arc voltaïque s'éteignait et le courant ne passait plus; les résultats des expériences ont pu s'exprimer par la formule empirique

$$(6) \qquad I = 75^{amp}\left(1 - \frac{\varepsilon}{16^{mm},67}\right),$$

dans laquelle ε peut varier depuis zéro jusqu'à 9^{mm}.

» Pour chaque valeur de I, la résistance totale R du circuit extérieur était donnée par la formule

$$(7) \qquad R = \frac{106^{volts},58}{I} - 1^{ohm},346.$$

» En déduisant de R la résistance des câbles de cuivre, ainsi que celle des charbons, on obtenait

$$(8) \qquad \zeta = \frac{106^{volts},58}{I} - \frac{0^{ohm},094\,I}{25^{amp}+1,2\,I} - 1^{ohm},463,$$

pour valeur de la résistance spéciale de l'arc voltaïque.

» Cela posé, considérons les formules (5), (6) et (8). Attribuant à ε une valeur comprise entre 0 et 9, j'obtiens I par la formule (6); portant cette valeur de I dans la formule (8), j'obtiens ζ; remplaçant ensuite I et ζ par leurs valeurs dans la formule (5), je calcule $\psi(\varepsilon)$. On peut ainsi déduire des expériences les valeurs de $\psi(\varepsilon)$ qui correspondent à diverses valeurs de la variable ε. Les résultats ainsi obtenus m'ont conduit à la formule empirique

$$(9) \qquad \psi(\varepsilon) = 1 + \frac{\varepsilon}{1^{mm},4}.$$

» Ainsi, en dernière analyse, la résistance ζ de l'arc voltaïque peut être représentée par la formule

$$(10) \qquad \zeta = 0^{ohm},40\left(1 - \frac{I}{80^{amp}}\right)\left(1 + \frac{\varepsilon}{1^{mm},4}\right).$$

» Avec une intensité de 50 ampères et un écartement de $0^{m},004$ entre les

pointes des crayons Carré, conditions normales de la production de l'arc voltaïque de nos phares, la résistance de cet arc est de $0^{ohm},58$. »

ÉLECTRICITÉ. — *Sur les courants telluriques.* Note de M. **E.-E. Blavier.**

« Depuis les dernières Communications que j'ai eu l'honneur de faire à l'Académie des Sciences, j'ai continué, à l'École supérieure de Télégraphie, mes expériences journalières sur les courants telluriques. Ces expériences ont conduit à des résultats intéressants, parmi lesquels je demande la permission de signaler les deux suivants :

» J'ai pris trois lignes différentes, situées l'une au nord de Paris, de Paris à Lille, la seconde sur le prolongement de la première, de Paris à Juvisy, et la troisième parallèle aux deux autres, mais située à 360^{km} environ de distance, de Nancy à Dijon. Cette dernière était en relation avec l'appareil enregistreur par les deux fils de Paris à Nancy et de Paris à Dijon. Quant aux résistances totales, elles étaient égales à 10 000 ohms pour les lignes de Paris à Lille et de Nancy à Dijon, et à 1000 ohms seulement pour la ligne, beaucoup plus courte, de Paris à Juvisy. Ces trois lignes ont fourni des courbes absolument identiques. Les courants telluriques correspondent donc à un phénomène général et les circonstances locales (rivières, montagnes, etc.) n'ont sur eux aucune influence.

» Le second point sur lequel je désire appeler l'attention de l'Académie est encore plus important. J'ai comparé les courbes données par les courants telluriques aux courbes magnétiques de l'observatoire de Saint-Maur, que M. Mascart a eu l'obligeance de mettre à ma disposition. On reconnaît facilement que tout courant tellurique accidentel correspond à une perturbation magnétique, les lignes qui ont la direction du nord au sud étant affectées par les variations de la déclinaison, et celles qui vont de l'ouest à l'est par les variations de la composante horizontale. Mais, en examinant les courbes fournies par les deux phénomènes, il est aisé de voir que les courants telluriques correspondent aux variations du magnétisme terrestre ou, en d'autres termes, qu'elles en sont les dérivées, c'est-à-dire que leur ordonnée en chaque point est proportionnelle à la tangente trigonométrique de l'angle que forme avec l'axe la tangente à la courbe magnétique.

» Les courbes telluriques coupent l'axe qui correspond à l'absence de tout courant aux instants de maxima et de minima des courbes magnétiques. Les différences très faibles qu'on trouve sur les feuilles d'enregis-

trement des deux phénomènes tiennent à ce que les lignes de Paris à Dijon et de Paris à Nancy, sur lesquelles ont été faites les expériences, ne sont pas situées exactement dans la direction du méridien et du parallèle magnétiques.

» Si l'on admet, ce qui paraît hors de doute, que les variations magnétiques sont dues à des courants électriques, on peut déduire de la comparaison des courbes une conséquence importante.

» Lorsque la déclinaison augmente, le courant induit qui se développe dans les fils télégraphiques est de sens contraire à celui qui produit cette augmentation. Or, les courbes telluriques donnent à chaque instant la direction de ce courant induit : on peut donc en déduire celle du courant qui agit sur l'aiguille aimantée.

» Connaissant la direction de ce courant, on peut savoir, par le sens de la variation de la déclinaison ou de la composante horizontale, s'il existe au-dessus ou au-dessous de l'aiguille.

» L'examen des courbes montre qu'un accroissement de la déclinaison correspond toujours à un courant tellurique allant du nord au sud ; le courant électrique qui produit la variation magnétique doit donc aller du sud au nord, et, pour faire dévier l'aiguille aimantée vers l'ouest, il doit circuler dans les régions supérieures de l'atmosphère et non à l'intérieur de la Terre.

» La comparaison des courbes qui donnent les variations de la composante horizontale et les courants telluriques sur les lignes qui vont de l'est à l'ouest conduisent au même résultat.

» Enfin on arrive à la même conclusion en examinant le sens des courants qui produisent les mouvements journaliers et à peu près réguliers de l'aiguille aimantée. On sait que tous les jours, de 8^h du matin à 1^h de l'après-midi, le pôle nord de l'aiguille se meut vers l'ouest; pendant le même temps le courant tellurique induit marche en France dans les fils télégraphiques du nord-ouest au sud-est et correspond à un courant primaire ayant une direction inverse, dont l'intensité augmente. Pour produire le mouvement de l'aiguille, ce courant doit exister dans l'atmosphère.

» Ainsi donc les variations du magnétisme terrestre, régulières et accidentelles, sont dues à des courants électriques qui circulent dans l'atmosphère, à une distance plus ou moins grande du sol, et dont le circuit se complète soit directement s'ils enveloppent complètement notre globe, soit par l'intermédiaire de la terre, mais à une profondeur assez grande pour ne pas avoir d'action sur l'aiguille aimantée. Dans tous les cas ce cir-

cuit ne se complète pas par la surface de la terre, comme le pensait M. de la Rive. »

ÉLECTRICITÉ. — *Déterminer directement l'ordre de la cause du* déficit *des machines dynamo-électriques.* Note de M. G. Cabanellas, présentée par M. Tresca.

« La réalité du *déficit* de puissance des machines dynamo-électriques n'est plus contestée aujourd'hui; mais des divergences absolues existent encore parmi les électriciens, lorsqu'il s'agit de déterminer la cause de ce travail *parasite* et de localiser son siège.

» M. le Dr Frölich l'a attribuée à des courants, dits de *Foucault,* induits, pendant la marche, par le magnétisme inducteur, dans le fer de l'armature du tambour *Von Alteneck* ou de l'anneau *Gramme.* Je pense que, généralement, avec les bonnes machines des deux types, le déficit est dû surtout à une cause d'ordre résistant électrique dont le siège est dans le *fil induit.*

» On voit que, en l'état actuel, il serait désirable que l'explication du Dr Frölich fût exacte, puisqu'elle permettrait, toutes choses égales d'ailleurs, d'espérer, de ce côté, un accroissement du rendement des machines, lorsqu'on aurait fait disparaître cette imperfection.

» En tout cas, il est intéressant et utile d'être fixé à ce sujet.

» La méthode mécanique directe, que j'ai l'honneur de présenter à l'Académie, consiste à combiner un dispositif expérimental tel que, selon que l'un ou l'autre des effets serait réalisé dans la machine en essai, le déficit doive forcément se trouver compris dans deux mesures directes, qui devront être identiques, ou doive forcément ne se trouver compris que dans une seule, qui devra alors surpasser l'autre de la valeur de ce déficit connu. Il est bien entendu que, si la machine essayée comportait les deux genres d'effets nuisibles, l'expérience discernerait la proportion dans laquelle ils se partageraient le déficit.

» Jusqu'à présent, la mesure directe du couple mécanique, pendant la marche des machines dynamo-électriques, n'a été utilisée que pour les génératrices. Il est vrai que, pour une génératrice, la mesure est *indépendante* des résistances mécaniques passives (air, balais, paliers). Au contraire, pour une réceptrice, le couple mesuré doit être augmenté du couple résistant passif. J'ai donné une méthode électrique de détermination de la puissance mécanique passive des machines; mais, d'ailleurs, on va voir que nous n'aurons affaire ici qu'à la différence de deux mesures qui devraient

toutes deux être augmentées de ce passif, lequel se trouve, de fait, éliminé du résultat.

» Je suppose donc la dynamo montée sur paliers indépendants des électros, ces paliers portant les balais; les électros peuvent se déplacer librement autour de l'arête des couteaux qui les supportent dans le prolongement de l'axe des paliers. Je fais fonctionner la machine comme réceptrice travaillant sur frein [1], marquant t kilogrammètres par seconde, à l'allure de n tours par minute, sous un certain courant. Un certain effort tendra à faire tourner les électros dans le sens opposé au sens de la rotation de l'anneau. Je mesure le couple c, produit d'un certain poids, exprimé en kilos, par la longueur, en mètres, du bras de levier, lorsque les inducteurs sont ramenés à la position de leur équilibre avant le mouvement. Le travail, par seconde, de ce couple, sera $\frac{2\pi cn}{60}$ kilogrammètres. Si, à ce travail, nous ajoutons le travail mécanique passif, nous avons la totalité du travail régénéré mécaniquement par le récepteur.

» Or le travail t, du frein, additionné du même passif, nous donne une seconde expression du travail total régénéré mécaniquement.

» Si le phénomène nuisible est d'ordre dynamo-électrique, comme le pense M. Frölich, et a son siège hors du circuit prévu par le constructeur, on aura $\frac{2\pi cn}{60} > t$, et $\frac{2\pi cn}{60} - t$ sera tout le déficit, si ce genre d'effet existe intégralement.

» Au contraire, si notre théorie s'applique, intégralement, à la machine en essai, on aura $\frac{2\pi cn}{60} = t$, et, dans ce cas, le déficit devra être attribué à une *cause d'ordre résistant électrique* (accroissement de résistance métallique du fil induit, force contre-électromotrice de self induction, ou autre), ce phénomène résistant électrique ayant son siège dans le circuit prévu de la machine.

» Il me paraît utile de signaler cette méthode aux expérimentateurs, parce qu'elle offre l'avantage d'une netteté absolue de conclusion; elle

---

(1) Les résultats seront d'autant meilleurs que le frein sera plus précis. Je rappellerai, à cette occasion, ma Communication sur le tarage et l'étalonnage électrique des appareils de travail et de mesure mécaniques. Une grande précision pourrait être obtenue par une *génératrice-frein;* l'anneau calé sur l'arbre récepteur, les électros sur couteaux, l'effort ou charge de ce frein, modifiable par variation arbitraire de son courant inducteur et de son courant induit ou seulement de l'un d'eux.

évite, en effet, tout raisonnement concluant, de ce qui se passe dans certaines conditions, à ce qui doit se passer lorsque ces conditions subissent une modification. C'est vraiment une méthode tout à fait directe. »

PHYSIQUE. — *Sur le point de congélation des dissolutions des sels des métaux biatomiques.* Note de M. **F.-M. Raoult**, présentée par M. Berthelot.

« J'ai trouvé, pour les abaissements du point de congélation des dissolutions aqueuses des sels des métaux biatomiques, les résultats ci-après :

	Formules ($H=1$, $O=16$).	Poids moléculaires M.	Abaissements du point de congélation pour 1gr de sel dans 100gr d'eau A.	Abaissements moléculaires M × A.
Chlorate de baryum......	$Ba, 2ClO^3$	304	0,145	44,1
Azotate de baryum.......	$Ba, 2AzO^3$	261	0,155	40,5
Azotate de strontium.....	$St, 2AzO^3$	211	0,195	41,2
Azotate de plomb.........	$Pb, 2AzO^3$	331	0,113	37,4
Hypophosphite de baryum.	$Ba, 2PhH^2O^2$	267	0,190	50,7
Formiate de baryum......	$Ba, 2CHO^2$	227	0,215	49,0
Acétate de baryum........	$Ba, 2C^2H^3O^2$	255	0,193	49,2
Acétate de magnésium.....	$Mg, 2C^2H^3O^2$	142	0,344	48,9
Acétate de cuivre........	$Cu, 2C^2H^3O^2$	181	0,171	31,1
Acétate de plomb.........	$Pb, 2C^2H^3O^2$	325	0,068	22,2
Iodure de baryum........	Ba, I^2	391	0,130	51,0
Chlorure de baryum.......	Ba, Cl^2	208	0,233	48,6
» de strontium....	St, Cl^2	158,4	0,320	50,7
» de calcium.......	Ca, Cl^2	111	0,420	46,6
» de magnésium...	Mg, Cl^2	95	0,514	48,8
» cuivrique.......	Cu, Cl^2	134,2	0,360	48,4
» mercurique.....	Hg, Cl^2	271	0,076	20,5
Cyanure mercurique......	Hg, Cy^2	252	0,069	17,5
Hyposulfate de baryum ...	Ba, S^2O^6	297	0,075	22,0
Sulfate de magnésium.....	Mg, SO^4	120	0,160	19,2
Sulfate de zinc...........	Zn, SO^4	161	0,112	18,2
Sulfate de cuivre.........	Cu, SO^4	159,2	0,113	18,0
Chromate de magnésium...	Mg, CrO^4	140,2	0,139	19,5
Succinate de magnésium...	$Mg, C^4H^4O^4$	140,0	0,171	23,9
Malate de baryum........	$Ba, C^4H^4O^5$	269	0,075	20,1
Malate de magnésium.....	$Mg, C^4H^4O^5$	156	0,124	19,3

	Formules (H = 1, O = 16).	Poids moléculaires M.	Abaissements du point de congélation pour 1gr de sel dans 100gr d'eau A.	Abaissements moléculaires M × A.
Émétique..............	$K, SbO, C^4H^4O^6$	335	0,055	18,4
Citrate de magnésium.....	$Mg^3, 2C^6H^5O^7$	450	0,022	10,0
Cobalticyanure de baryum.	$Ba^3, 2COCy^6$	840,6	0,063	52,6

» Il est à remarquer que les abaissements moléculaires des sels des métaux biatomiques ne dépassent point 53. Déjà nous avons constaté (*Comptes rendus*, 4 juin, 29 octobre 1883; 25 février 1884) que les abaissements moléculaires des acides, des bases et des sels alcalins n'atteignent jamais le nombre 50 ([1]).

» Pour distinguer les lois qui régissent les résultats ci-dessus, il convient d'écarter les sels produits par les bases faibles, tels que les acétates de plomb et de cuivre, le chlorure et le cyanure de mercure. J'ai observé, en effet, que les molécules des sels dont la formation s'accompagne d'un faible dégagement de chaleur ont une tendance à se grouper deux à deux au sein des dissolutions aqueuses, et à produire des abaissements moléculaires de congélation anormaux. Cette élimination faite, on remarque ce qui suit :

» *Tous les sels neutres, résultant de l'action des acides* monobasiques *sur les oxydes des métaux alcalino-terreux et terreux biatomiques, produisent un abaissement moléculaire de congélation compris entre* 41 et 48; *moyenne* 45.

» *Tous les sels neutres, résultant de l'action des acides* bibasiques *sur les mêmes oxydes, produisent un abaissement moléculaire de congélation compris entre* 18 et 22; *moyenne* 20.

» Il existe, entre ces résultats et ceux qui se rapportent aux sels alcalins, une relation très simple : *Toutes les fois que, dans la molécule d'un sel à acide monobasique ou bibasique, supposée dissoute dans* 100gr *d'eau,* 1at *de métal alcalinoterreux ou terreux biatomique est remplacé par une quantité*

([1]) Parmi les sels alcalins dont la formule est bien établie, le mellitate de potasse,

$$K^6C^{12}O^{24},$$

est celui qui renferme le plus grand nombre d'atomes métalliques dans sa molécule, et qui, par conséquent, doit avoir le plus grand abaissement moléculaire de congélation ; or l'abaissement moléculaire de congélation de ce sel n'est que de 48.

équivalente (c'est-à-dire par 2[at]) d'un métal monoatomique, l'abaissement du point de congélation s'augmente d'une quantité à peu près constante, voisine de 20. C'est ce que montre le Tableau suivant :

				Différence.
Ba, 2HO........	49,7	2(K, HO).......	70,6	20,9
$Ba, 2ClO^3$.......	44,1	$2(K, ClO^3)$.....	66,4	22,3
$Ba, 2AzO^3$.......	40,5	$2(K, AzO^3)$.....	61,6	21,1
$Ba, 2PhH^2O^2$....	50,7	$2(K, PhH^2O^2)$...	72,2	21,5
$Ba, 2CHO^2$.......	49,0	$2(K, CHO^2)$....	70,4	21,4
$Ba, 2C^2H^3O^2$.....	49,2	$2(K, C^2H^3O^2)$...	69,0	19,8
Ba, Cl^2..........	48,6	2(K, Cl).......	67,2	18,6
Ba, I^2...........	51,0	2(K, I)........	70,4	19,4
Mg, SO^4..........	19,2	K^2, SO^4........	39,0	19,8
Mg, CrO^4.........	19,5	K^2, CrO^4.......	38,9	19,4
$Mg, C^4H^4O^4$.....	23,9	$Na^2, C^4H^4O^4$....	45,1	21,2
$Ba, C^4H^4O^5$......	20,1	$K^2, C^4H^4O^5$.....	41,9	21,8

» D'après cela, connaissant les abaissements moléculaires de congélation des sels neutres des métaux alcalinoterreux et terreux biatomiques, il est facile de calculer ceux des sels neutres formés par les mêmes acides avec les métaux alcalins; pourvu, toutefois, que ces acides soient monobasiques ou bibasiques.

» On peut, au moyen des données que j'ai fournies, calculer les abaissements à la congélation produits par les ÉQUIVALENTS des différents sels, dissous dans une même quantité d'eau. En rapprochant les résultats ainsi obtenus, on est conduit à la conclusion suivante, que j'ai, d'ailleurs, vérifiée par un nombre suffisant d'expériences directes : *Les doubles décompositions qui peuvent s'accomplir, sans formation de précipité, entre les sels neutres des métaux alcalins, alcalinoterreux ou terreux biatomiques, à acides monobasiques ou bibasiques, ne produisent jamais qu'un changement très faible ou nul dans le point de congélation du mélange.* »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la formation des amides en partant des sels ammoniacaux des acides organiques.* Note de M. N. **Menschutkin**, présentée par M. Wurtz.

« Les sels ammoniacaux des acides organiques monobasiques, en perdant une molécule d'eau, quand on les chauffe, donnent des amides. Cette réaction se prête à une étude quantitative, le sel ammoniacal pouvant être dosé, en présence de l'amide, par la titration avec une solution alcoolique de soude en présence de phénolphtaléine, comme je l'ai décrit

l'année dernière ([1]). La formation de l'amide était effectuée en chauffant de petites ampoules contenant le sel ammoniacal, soit dans un bain de glycérine aux différentes températures, soit dans les vapeurs d'aniline (à 182°,5) ou de nitrobenzine (à 212°,5). A des intervalles déterminés, on prenait les ampoules du bain et l'on dosait le sel ammoniacal restant.

» Les amides se forment à des températures supérieures à 100°, avec une vitesse qui croît avec la température, et, après un temps suffisant, une limite est atteinte. La marche générale de la réaction, ainsi que sa représentation graphique aux diverses températures, sont complètement analogues à la formation des éthers composés dans la réaction des acides sur les alcools. Pour le démontrer, je donne la série suivante de la formation de l'acétamide en chauffant à 155° de l'acétate d'ammonium. Les chiffres représentent les parties centésimales de l'amide formée :

1h.	4h.	8h.	12h.	24h.	72h.	144h.	192h.	216h.	240h.
50,9	78,1	80,0	80,0	80,6	81,0	81,6	81,6	81,5	81,6

» Je résumerai les expériences sur la formation des amides dans les deux Tableaux suivants, dont le premier donnera la vitesse initiale de la formation des amides, c'est-à-dire la quantité de l'amide formée à la fin de la première heure de l'expérience à diverses températures. Le deuxième Tableau donnera les limites.

Vitesses initiales de la formation des amides.

	125°.	140°.	155°.	182°,5.	212°,5.
Formiate d'ammonium....	23,41	»	57,46	»	»
Acétate »	6,33	21,36	50,90	78,62	82,83
Propionate »	»	»	50,93	»	»
Butyrate »	»	»	42,46	»	82,24
Isobutyrate »	0	17,20	37,09	74,32	81,51
Capronate »	4,74	»	48,17	76,07	80,78
Benzoate »	»	»	0,75	»	»
Phénylacétate »	»	»	36,4	»	»
Anisate »	»	»	3,8	»	»

Limites de la formation des amides.

	125°.	155°.	182°,5.	212°,5.
Formiate d'ammonium....	52,22	»	»	»
Acétate »	75,10	81,46	82,82	84,04

([1]) *Comptes rendus*, t. XCVI.

	125°.	155°.	182°,5.	212°,5.
Propionate d'ammonium...	»	84,71	84,26	85,43
Butyrate » ...	»	84,13	»	décomp.
Isobutyrate » ...	77,87	84,67	83,79	décomp.
Capronate » ...	78,08	84,33	décomp.	décomp.
Benzoate » ...	»	?	»	»
Phénylacétate » ...	»	81,5	»	»
Anisate » ...	»	?	»	»

» Dans le Tableau des vitesses initiales de la formation des amides, on voit apparaître l'influence de la température, laquelle, en montant, augmente considérablement la vitesse de la formation des amides. Celle-ci est complètement dominée par l'isomérie des acides : la formation des amides des acides primaires s'effectue avec la plus grande vitesse, tandis que les acides secondaires et des acides tertiaires montrent les plus petites vitesses. Les acides aromatiques suivent la même règle : l'acide phénylacétique, acide primaire, montre une vitesse égale à 36,4 pour 100; les acides tertiaires, l'acide benzoïque et anisique n'ont que des vitesses insignifiantes. Dans les séries d'acides de même structure, la vitesse diminue avec l'augmentation du poids moléculaire de l'acide. L'acide formique montre la plus grande vitesse de formation de l'amide.

» Passons au second Tableau. Contrairement à la limite de l'éthérification, la limite de la formation des amides change avec le changement de la température et devient plus haute à mesure que la température augmente. Dans une autre Note, j'aurai occasion d'entrer dans la discussion de ce fait avec plus de détails. Quant à l'isomérie des acides, elle n'a pas d'influence sur la limite : la limite de la formation de la butyramide à 155° est de 84,13 pour 100, tandis que la limite de la formation de l'isobutyramide à la même température est de 84,67 pour 100. Il est à noter que, tandis que l'acide phénylacétique montre une limite égale à 81,5 pour 100, la vitesse de la formation du benzamide, ainsi que de l'anisamide, est tellement petite, que je n'ai pas atteint la limite de la formation de ces composés. A en juger par les expériences exécutées à 125°, l'acide formique aura la plus petite limite entre tous les acides; les autres acides saturés de la même série montrent à la même température des limites plus hautes à mesure que leur poids moléculaire s'élève.

» Voici les principales règles que j'ai observées dans la formation des amides; elles montrent la plus parfaite coïncidence avec les règles observées dans l'étude de la formation des éthers. C'est la raison pour laquelle je n'ai pas cru devoir étendre ces expériences. Ce fait, que les composés organiques, dans des réactions *différentes*, montrent *les mêmes* règles, en

rapport avec leur structure chimique, est, à mon avis, d'une importance majeure. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur un glucoside du Boldo.*
Note de M. P. CHAPOTEAUT.

« Le Boldo (*Boldoa fragrans*), introduit en France dès 1868, est employé depuis longtemps en Bolivie dans les affections du foie; en 1874, MM. Bourgoin et Verne isolèrent des feuilles de Boldo une substance douée de propriétés très faiblement alcalines, qu'ils nommèrent *boldine;* cet alcaloïde existe bien, mais ses propriétés physiologiques sont si peu marquées, la quantité que les feuilles de Boldo en contiennent si peu importante ($0^{gr},500$ environ par 20^{kg} de feuilles), que j'ai cru devoir rechercher un autre produit permettant d'expliquer les propriétés médicinales de la plante; j'ai entrepris cette étude dans le laboratoire de M. Rigaud, à Neuilly; après avoir traité les feuilles de Boldo par l'alcool bouillant, puis évaporé ce liquide alcoolique, j'ai repris le résidu par l'eau légèrement acidifiée à l'acide chlorhydrique, afin d'éliminer complètement l'alcaloïde; cette solution, débarrassée de la plus grande partie des matières mucilagineuses, est agitée avec de l'éther ou du chloroforme; l'évaporation de ce véhicule fournit un corps sirupeux, transparent, de couleur à peine ambrée dont l'odeur et la saveur sont aromatiques.

» Cette matière s'entraîne par la vapeur d'eau, mais ne peut se distiller sans décomposition dans le vide ou dans un courant d'hydrogène; 1^{kg} de feuilles de Boldo en donne environ 3^{gr}; voici les résultats de l'analyse élémentaire :

	Trouvé.	$C^{30}H^{52}O^{8}$.
C................	66,9	66,6
H................	9,8	9,6
O................	23,3	23,8

» Elle appartient à la famille des Glucosides; car si on la chauffe avec l'acide chlorhydrique très étendu, elle se dédouble en glucose, chlorure de méthyle et en un corps soluble dans l'alcool et la benzine, insoluble dans l'eau, sirupeux, dont la composition centésimale correspond à la formule $C^{19}H^{28}O^{3}$.

	Trouvé.	$C^{19}H^{28}O^{3}$.
C................	74,8	75
H................	9,4	9,2
O................	15,7	15,8

» J'ai observé que la solution de ce corps dans la benzine s'attaque par le sodium en dégageant de l'hydrogène et que ce composé sodique peut s'éthyler et se méthyler si on le traite par les iodures alcooliques.

» Le glucoside est assurément un éther dans lequel le glucose joue le rôle d'acide; quant à l'alcool combiné dont le produit $C^{19}H^{28}O^{3}$ est un dérivé débarrassé de méthyle, est-il un alcool ou un pseudo-alcool? Le peu de matière que j'ai à ma disposition et son prix très élevé ne me permettent pas, pour le moment, d'élucider cette question.

» M. le Dr Laborde, qui a commencé l'étude physiologique de ce glucoside, a constaté, dans une première série d'expériences, qu'un des principaux effets de cette substance introduite dans l'organisme, soit en injections hypodermiques (cobayes), soit en ingestion stomacale (chiens), est de produire rapidement et d'emblée un sommeil tranquille, plus ou moins durable, selon la dose, et dont les animaux sortent par un réveil naturel, puis reprennent sans aucun changement appréciable, dans leur état de santé, leur vie habituelle et leur appétit.

» M. Laborde a observé en outre que, à la suite d'injections intra-veineuses chez le chien, cette substance excitait et augmentait les diverses fonctions sécrétoires, notamment la sécrétion et l'excrétion biliaire, celle de la salive et de l'urine. »

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Recherches sur l'hydraulicité. — Influence de la cuisson et de l'acide carbonique sur le durcissement des ciments siliceux.* Note de M. **Ed. Landrin.**

« Dans une précédente Communication, j'ai montré que, lorsqu'on cuit au rouge blanc un mélange intime de chaux pure et de quartz, dans les proportions du composé que j'ai désigné sous le nom de *pouzzo-portland,* le ciment obtenu a pour principaux caractères : 1° de faire légèrement prise au contact de l'eau; 2° de prendre une dureté considérable en présence de l'acide carbonique.

» Il était intéressant de voir si ce composé seul avait ces caractères et s'il ne pouvait pas en être de même pour d'autres mélanges de silice et de chaux; par exemple, pour ceux qui correspondent aux divers silicates de chaux.

» I. Je n'ai pas cru, toutefois, devoir étudier le silicate $SiO^2, 3CaO$; Berthier a fait, en effet, voir depuis longtemps que, sous l'influence des températures même les plus élevées, le composé correspondant à cette

formule reste pulvérulent et que l'eau en sépare beaucoup de chaux. J'ai montré moi-même que la chaux du Theil, dont la composition se rapproche très sensiblement de celle de ce silicate, perd, par l'action prolongée de l'eau, une forte proportion de chaux et que la partie insoluble dans l'eau correspond à la composition du pouzzo-portland. Il est du reste peu probable qu'un tel composé puisse exister dans les ciments portland, toujours scorifiés sous l'influence de la haute température nécessaire pour les produire industriellement.

» II. Le silicate $SiO^2, 2CaO$ a fixé plus particulièrement mon attention; c'est, en effet, à ce composé que la plupart des auteurs ont attribué le rôle prépondérant dans la prise hydraulique. Berthier, dans son *Traité des essais par la voie sèche,* dit de ce composé : « Il éprouve à peine un commencement de fusion, lorsqu'il est porté aux plus hautes températures et il se » transforme par la chaleur en une masse, en partie scoriforme, en partie » pulvérulente. » J'ai repris ces expériences et j'ai constaté qu'il était même extrêmement difficile d'obtenir des parties scorifiées dans la masse, si le mélange de quartz pur et de chaux pure était fait avec le plus grand soin.

» En chauffant le mélange correspondant à ce silicate, pendant huit à dix heures, à la température du rouge blanc dans un creuset en charbon doublé d'un creuset réfractaire, je n'ai pu obtenir qu'une seule fois ces parties scorifiées; dans tous les autres cas, la masse est restée pulvérulente.

» Cependant, si l'on examine les composés provenant de cette cuisson, il est facile de constater que la silice a été attaquée par la chaux à cette haute température, car le produit de la calcination est entièrement soluble dans l'acide chlorhydrique. Gâché avec de l'eau, le composé ainsi produit ne s'échauffe pas; il fait à peine prise, tout en se liant cependant au bout de quinze à vingt heures. L'action du temps n'augmente pas sensiblement la dureté de ce mortier; j'ai gardé, en effet, pendant un an ce composé dans des tubes fermés et remplis d'eau distillée, sans que sa dureté dépassât celle du savon.

» Mais si, au lieu d'immerger ce silicate dans l'eau pure, on l'immerge dans l'eau chargée d'acide carbonique, les phénomènes sont tout autres; non seulement il y a prise, mais encore la dureté va en augmentant chaque jour jusqu'à ce que l'acide carbonique soit totalement absorbé. Le ciment conservé sous l'eau pure, même pendant un an, sans avoir durci, se conduit de la même manière; aussitôt qu'on introduit dans l'eau d'immersion de l'acide carbonique, le durcissement se produit et progresse en raison de la quantité d'acide carbonique absorbée.

» III. En dernier lieu, j'ai étudié le composé SiO^2CaO. On sait, toujours d'après Berthier, que ce composé, chauffé au four à porcelaine, donne un culot un peu boursouflé, d'un aspect pierreux, à cassure grenue, à grains lamelleux et translucides, en même temps qu'on remarque, dans les cavités, des cristaux éclatants et nets, mais très petits. J'ai reproduit ce composé, en partant du quartz et de la chaux pure; mais, pour bien observer les métamorphoses qui se produisent dans cette cuisson, j'ai préparé trois produits : le premier A, pulvérulent, obtenu par la cuisson du mélange correspondant à SiO^2CaO, pendant une heure; le second B, fritté, provenant d'une cuisson prolongée pendant deux heures; le dernier C fut cuit pendant quatre heures, temps suffisant pour fondre la masse et obtenir par refroidissement le produit de Berthier.

» Les trois produits pulvérisés finement et traités par l'acide chlorhydrique se dissolvent également bien, ce qui montre en passant la facilité extrême avec laquelle la silice est attaquée par la chaux, même dans un temps très court, conformément aux expériences de H. Sainte-Claire Deville. Gâchés avec de l'eau, les deux produits A et B ne s'échauffent pas; ils font prise exactement comme des mélanges de silice hydraulique et de chaux; le produit C se conduit tout différemment : *il ne fait prise dans aucun cas, même si l'on prolonge, pendant plusieurs années, le temps d'immersion, se conduisant, à cet égard, comme une poudre absolument inerte.*

» Enfin, si l'on immerge, dans l'eau chargée d'acide carbonique, les deux produits A et B, ils y prennent une dureté extrême; il en est de même pour le produit fondu C, *qui fait alors prise et devient également dur.*

» Les conclusions à tirer de ces expériences sont faciles à déduire : 1° les silicates de chaux portés à de hautes températures font difficilement prise et, dans tous les cas, ne durcissent pas dans l'eau, conformément aux expériences de M. Fremy; 2° pour que la cuisson des ciments ait une action maximum sur la prise hydraulique du composé obtenu, il faut qu'elle soit conduite suffisamment pour que la chaux agisse sur la silice pour la transformer en silice hydraulique et non pour la transformer en un silicate fondu, comme cela résulte des expériences précédentes sur le corps SiO^2CaO obtenu à trois états différents et qui, sous la forme C, ne fait plus prise dans l'eau; 3° l'acide carbonique est un facteur indispensable à la prise des ciments siliceux : *c'est celui seul qui détermine leur durcissement définitif.* Je montrerai, du reste, dans une prochaine Communication, vers quelle composition définitive tendent les composés hydrauliques produits par cette réaction réciproque de la silice hydraulique, de la chaux, de l'eau et de l'acide carbonique. »

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Sur l'existence du manganèse dans les vins et dans une foule de productions végétales ou animales.* Note de M. E.-J. Maumené.

« Dans la Note que j'ai eu l'honneur d'adresser à l'Académie le 31 mars dernier, et dont un extrait a été inséré page 845 des *Comptes rendus*, j'ai signalé l'existence du manganèse, à l'état de tartrate double de protoxyde et de potasse, dans trois vins d'une même contrée, le Beaujolais. Les localités où ces vins ont été préparés sont riches en manganèse. Quoique la proportion du tartrate double, trouvée dans ces trois liquides, soit trop faible pour jouer un rôle dans leurs propriétés alimentaires, j'ai cru devoir poursuivre cette étude en l'étendant aux vins, non seulement de France, mais de toute l'Europe. Voici les résultats obtenus :

				Manganèse métallique, par litre.
Pommard, passe-tout-grain,		1881	....	0,0020
Id.	pineau,	1878	(Épincourt)................	0,0016
Id.	id.	1883	(grand clos) (1).............	0,0000
Montrachet,	id.	1883	Cailleret....................	0,0003
Id.	id.	1883	Sucré à 10kg par hectolitre.....	0,0002
Id.	id.	1879	Gelé accidentellement à 25°	0,0004
Id.	id.	1877	Gelé à 10°.................	0,0003
Id.	id.	1883	Gelé à 12°.................	0,0004
Id.	id.	1878	Cailleret, gelé à 10°	0,0005
Id.	id.	1877	Résidu de vin gelé (2)	0,0001
Beaujolais, gamay,		1865	Frontenas..................	0,0003
Id.	id.	1880	Id.	0,0002
Id.	id.	1883	Id.	0,0006
Id.	id.	1870	Saint-Étienne-la-Varenne......	0,0001
Id.	id.	1882	Lissieu (Montvallon)	0,0003
Id.	id.	1870	Chasselay (3)...............	0,0004
Bordelais, pineau,		1881	(4)......................	0,0009
Id.	id.	1882	Cadillac...................	0,0006
Bourgogne, pineau et gamay,		1878	Clos Tavannes-Santenay (5)....	0,0008
Languedoc,	?	1883	Marcorignan-Narbonne........	0,0002

(1) Ces trois vins proviennent des caves de M. de Vergnette-Lamotte, Correspondant de l'Académie, qui a bien voulu me les remettre lui-même.

(2) Ces sept montrachets m'ont été remis par M. G. Latour, de Corpeau (Côte-d'Or).

(3) Les six vins de Beaujolais m'ont été remis par M. le Cte de Jouffray.

(4) Remis par M. de Saint-Girons.

(5) Remis par M. Renaud.

			Manganèse métallique, par litre.
Languedoc, ?	1883	Bizanet......................	0,0007
Id. ?	1880	Bessan (Hérault).............	0,0012
Roussillon, ?	1875	Perpignan................	0,0004
Charolais, gamay,	1883	Châlon.....................	0,0014
Dauphiné, ?	1883	Saint-Rambert d'Albon........	0,0002
Algérie, ?	1882	Environs d'Alger	0,0003
Italie, ?	1883	?	0,0002
Espagne, ?	1882	Alicante (¹)	0,0005
Dalmatie, ?	1881	?	0,0008
Roumélie, ?	1882	? (²)......................	0,0007
Corse, ?	1883	Loreto, arrond. de Bastia (³)...	0,0018

» Voici 31 vins (34 avec ceux de ma première Note), de France, d'Europe et d'Afrique, contenant tous une quantité très appréciable de manganèse.

» Les liquides étaient tous dans un état normal ; ils contenaient de $\frac{9}{100}$ à $\frac{12}{100}$ d'alcool, de 18^{gr} à 30^{gr} résidu sec à 100° (les vins de Dalmatie et de Roumélie ont un résidu de 86^{gr} et 74^{gr}), de 4^{gr} à 6^{gr} d'acides exprimés en $SO^3 = 40$.

» Une circonstance remarquable est la proportion presque nulle de tartre (bitartrate de potasse) dans presque tous ces vins; la cendre n'offre pas d'indice de fusion, le manganèse n'y peut être révélé sans ajouter quelques milligrammes d'azotate de potasse, le mélange de la cendre avec l'acide azotique ne donne pas la moindre effervescence. Je me propose de revenir très prochainement sur ce fait, dont on peut être surpris pour les vins de 1883, au moins.

» Les vins de Champagne ne me sont pas encore parvenus.

» On devait s'attendre à trouver du manganèse dans les lies, sinon dans les tartres; on en trouve dans les lies, mais le tartre cristallin n'en renferme pas de trace bien appréciable (nous n'avons examiné que deux échantillons).

» En résumé, le manganèse paraît exister dans tous les vins; je le regarde comme absolument accidentel. D'ailleurs la proportion en est si faible, que nous ne pouvons nous préoccuper un seul instant de son rôle;

(¹) Ces neuf vins remis par M. Loup, de Vienne (Isère).

(²) Les deux vins de Roumélie et Dalmatie remis par M. Bourgoin, de Beaune.

(³) Remis par M. l'abbé Ricci.

fût-il dangereux, le manganèse ne peut produire un effet sensible dans l'usage des vins (rouges ou blancs; presque tous les vins examinés étaient rouges).

» Il n'en est pas de même dans les céréales.

» Je puis annoncer dès aujourd'hui que le blé, au moins celui du Beaujolais, renferme une quantité de manganèse métallique bien plus considérable que les vins. Sans donner un chiffre et pour fixer plus tard avec une grande précision la quantité du manganèse par plusieurs expériences, pour définir exactement le composé manganique dont le blé, le seigle et une foule d'autres productions végétales sont chargées, je dois prendre du temps; je n'annoncerais pas la grande proportion du manganèse dans le blé si elle n'était assez forte pour jouer un rôle dans l'alimentation et mériter une attention extrême. J'espère le démontrer dans une Communication très prochaine au moins pour le blé, sinon pour d'autres végétaux [1].

» Plusieurs matières animales renferment aussi du manganèse; je le constate aujourd'hui, et me propose d'étudier la proportion et l'état de combinaison de ce métal, qui semble jouer un rôle peut-être plus important que celui du fer dans la vie de l'homme et des animaux.

CHIMIE AGRICOLE. — *Sur l'assimilabilité de l'acide phosphorique contenu dans les roches et dans la terre arable*. Note de M. G. Lechartier, présentée par M. Debray.

« L'emploi des acides chlorhydrique et azotique, pour séparer d'une terre les divers principes fertilisants qu'elle contient, ne donne aucune indication sur la facilité plus ou moins grande avec laquelle ils seront assimilés par les végétaux. L'analyse brute d'une terre ne renseigne pas d'une manière suffisante sur son état actuel de fertilité.

» M. L. Grandeau, dans un remarquable travail sur les matières organiques du sol, a montré leur importance au point de vue de la nutrition minérale des plantes et a fourni le moyen de les extraire par l'emploi successif de l'acide chlorhydrique et de l'ammoniaque. De plus, M. Grandeau a réuni un ensemble de faits dans lesquels la fertilité de la terre

---

[1] Dans les végétaux la répartition n'est pas uniforme; les pépins d'orange contiennent du manganèse, la peau n'en renferme pas. Dans le blé, le son et le gluten en renferment, l'amidon n'en contient pas.

arable s'est trouvée en rapport avec la quantité et la composition des matières organiques qu'elle contenait.

» Mais, en dehors de ces substances humiques, y a-t-il dans le sol des phosphates pouvant être assimilés directement par les végétaux?

» L'expérience directe m'a prouvé que l'acide phosphorique, dont j'ai signalé la présence dans les principales roches de Bretagne, peut être directement assimilé par les végétaux cultivés pour notre alimentation.

» J'ai institué des essais de culture de sarrasin dans des sols artificiels constitués au moyen de schistes et de granite privés de matières organiques et n'ayant subi d'autre traitement que la pulvérisation. La roche extraite en morceaux de la carrière a été lavée avec soin, séchée et pulvérisée. On a réuni, dans des pots en terre, 5^{kg} d'un mélange formé à poids égaux de poudre fine et de grains plus grossiers. A des mélanges identiques on a incorporé, d'une part, un engrais minéral complet contenant azote nitrique et azote ammoniacal, sulfate de chaux, sel de potasse et phosphates et, d'autre part, un engrais privé d'acide phosphorique et contenant le même poids des autres éléments fertilisants. Dans chaque pot, on a semé 5 graines pesant ensemble 120^{mgr} à 130^{mgr} et renfermant 1^{mgr},2 d'acide phosphorique.

» L'addition de l'élément phosphaté aux autres principes fertilisants a produit un effet considérable; mais, dans tous les essais, la plante développée en l'absence de tout engrais phosphaté a puisé dans le sol une certaine quantité d'acide phosphorique.

» Voici les résultats comparatifs à l'appui de cette assertion :

	Poids de la récolte sèche.	Acide phosphorique contenu dans la récolte.
N° 1. — *Schistes compacts gris bleuâtre (carrière de Saint-Cyr, Rennes).*		
	gr	gr
Engrais complet................	21,85	0,257
Engrais sans acide phosphorique....	5,73	0,048
N° 2. — *Schistes rouges de Pont-Réan (Ille-et-Vilaine).*		
Engrais complet................	12,36	0,513
Engrais sans acide phosphorique....	9,41	0,054
N° 3. — *Granite de Sens (Ille-et-Vilaine).*		
Engrais complet................	31,20	0,206
Engrais sans acide phosphorique....	9,74	0,076

» Dans les essais sans phosphates, les pieds de sarrasin ont atteint des hauteurs variant de $0^m,11$ à $0^m,38$: tous ont fleuri, et dans les essais nos 2 et 3 on a récolté des graines dont le poids s'est élevé à $3^{gr},263$ et $2^{gr},329$. On doit ajouter que les poids de ces diverses récoltes ne donneraient pas une mesure exacte du degré d'assimilabilité des phosphates contenus dans ces roches, parce que, dans l'essai n° 1, le développement de la plante a été notablement entravé par l'état physique du sol factice qui a pris, sous l'influence de l'arrosage, une compacité voisine de celle de l'argile. Les sols obtenus avec le granite et le schiste rouge se sont trouvés dans des conditions physiques beaucoup plus favorables pour la végétation.

» Ces roches contenaient en acide phosphorique, pour 1000 : schistes gris, 2,07; granite, 1,20; schistes rouges, 1,08.

» Les essais précédents n'étaient pas inutiles, attendu que la plupart des granites dans lesquels j'ai dosé l'acide phosphorique contiennent du fluor, et rien ne prouvait que les phosphates qui entrent dans la composition de la roche ne s'y trouvent pas à l'état d'apatite

» Les phosphates contenus dans les schistes et les granites sont en partie solubles, soit dans l'acide acétique, soit dans une solution d'oxalate d'ammoniaque.

» 10^{gr} de la roche pulvérisée finement ont été mis en contact à froid, pendant vingt-quatre heures, avec 50^{cc} d'une solution contenant 10^{cc} d'acide acétique. Pour le traitement par l'oxalate, on a fait bouillir la poudre avec 250^{cc} d'eau et 5^{gr} de sel, dans un ballon muni d'un réfrigérant ascendant pour éviter la concentration de la liqueur :

	Acide phosphorique soluble	
	dans l'acide acétique (pour 1000).	dans l'oxalate d'ammoniaque (pour 1000).
Schistes gris	0,49	1,43
Granite	0,16	0,98
Schiste rouge	»	0,40

» Nous ferons observer que, pour retrouver l'acide phosphorique dissous dans l'oxalate, il faut faire évaporer la solution, décomposer le sel par la chaleur et séparer ensuite l'acide phosphorique du résidu ferrugineux obtenu. Le nitromolybdate d'ammoniaque ne donne pas de précipité dans la solution d'oxalate, et plusieurs essais infructueux m'avaient d'abord conduit à considérer ces phosphates comme insolubles.

» Le même réactif dissout une certaine quantité de potasse pour 1000 : schiste rouge, 0,29; schiste gris, 0,29.

» Nous pensons donc que l'oxalate d'ammoniaque peut rendre des services dans de semblables déterminations, non seulement pour les roches, mais encore pour la terre arable. Nous nous appuyons sur ce fait que nous avons étudié, à savoir qu'une solution d'oxalate d'ammoniaque à l'ébullition dissout non seulement une certaine proportion des phosphates minéraux du sol, mais encore les matières humiques que l'on peut en séparer par le procédé de M. Grandeau. L'oxalate d'ammoniaque constitue un réactif pour évaluer le degré de solubilité des matières fertilisantes du sol, qu'elles soient ou non engagées dans les combinaisons humiques.

» Nous avons également essayé l'emploi, dans les mêmes conditions, des solutions de citrate et de tartrate d'ammoniaque. Dans une Note prochaine, nous publierons les résultats que nous avons obtenus dans l'action de ces dissolutions sur la terre arable. »

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Recherches sur la combustion respiratoire;* par M. Schützenberger.

« Il y a quelques années, j'ai eu l'honneur de présenter à l'Académie des Sciences un travail fait en collaboration avec M. le Dr Quinquaud, sur la respiration des cellules de levure de bière. Nous y établissions les principales lois du phénomène. Dans nos expériences, la levure était délayée dans de l'eau aérée pure; l'utilisation physiologique de l'oxygène s'effectuait aux dépens des principes immédiats des cellules elles-mêmes.

» J'ai pensé à rechercher l'influence exercée sur la combustion respiratoire de ces cellules, par la présence dans le milieu oxygéné de certains principes organiques. Les résultats obtenus sont, en effet, de nature à fournir une mesure de la *combustibilité physiologique* des divers corps.

» *Méthode expérimentale.* — On dispose les uns à côté des autres, dans un local à température constante, autant de flacons bien bouchés, de 1^{lit} de capacité, remplis d'eau pure saturée d'oxygène à la pression de ce gaz dans l'air atmosphérique, que l'on veut faire d'essais comparables. L'un de ces flacons est conservé intact; dans les autres, on délaye 1^{gr} de levure en pâte, en ajoutant un poids connu de la substance soumise à l'expérience et en réservant toutefois un flacon monté uniquement avec de l'eau aérée et de la levure. Au bout d'un temps plus ou moins long (une à trois heures), on mesure le titre oxymétrique de chaque flacon.

» A côté de l'eau et de la levure j'ai fait intervenir : 1° les divers genres de sucres (sucre interverti, sucre de canne, sucre de lait); 2° la mannite; 3° divers alcools (alcools méthylique, éthylique, butylique, amylique; glycérine); 4° des acides tels que l'acide acétique, l'acide butyrique, l'acide tartrique; 5° divers sels (acétate de soude, oxalate d'ammoniaque, sel de seignette); 6° des composés amidés (glycocolle et homologues); 7° l'acide prussique et le chloroforme.

» *Résultats.* — Parmi ces substances, les unes sont sans action marquée sur le phénomène respiratoire, au moins aux doses auxquelles je les ai employées; d'autres provoquent une accélération sensible de la vitesse d'absorption de l'oxygène; quelques-unes, telles que l'acide prussique, le chloroforme, enrayent ou ralentissent énergiquement la combustion.

» Au nombre des composés qui activent l'absorption de l'oxygène dissous, nous devons placer en première ligne :

» 1° *Le sucre interverti* (mélange de glucose et de lévulose);

» 2° *L'alcool éthylique.* — De plus, pour ces deux produits, l'influence est à peu près équivalente. Le sucre de canne, le sucre de lait, la mannite ont une action positive, mais *beaucoup moins accentuée.* Il en est de même pour la glycérine et pour les homologues supérieurs de l'alcool éthylique.

» Quant à l'alcool méthylique, son influence est nulle ou faible s'il est pur, négative s'il est impur comme dans l'esprit-de-bois.

» Avec des composés très actifs, tels que l'alcool éthylique et le sucre interverti, l'influence positive se fait sentir tant avec une levure fraîche qu'avec une levure affaiblie par ramollissement physiologique et lavage subséquent [1]; dans ce dernier cas, l'influence positive est toujours plus marquée que dans le premier.

» Pour des composés peu actifs, l'influence positive ne s'accentue nettement que si l'on fait usage d'une levure épuisée et lavée. En effet, la levure fraîche renfermant des principes plus combustibles que ceux que l'on ajoute [2], l'effet de ces derniers ne pourra pas être bien manifeste; quelquefois même il se traduit alors par une diminution de l'activité respiratoire.

» L'acétate de soude doit être placé à côté de l'alcool éthylique, comme combustible actif.

---

(1) Une semblable levure délayée seule dans l'eau aérée ne respire plus que très difficilement et lentement.

(2) M. Pasteur a montré que la levure humide abandonnée à elle-même fournit de l'acide carbonique et de l'alcool formés aux dépens d'un de ses principes immédiats, un glucoside.

» Les Tableaux ci-joints résument quelques-unes de mes expériences. Les nombres déduits des analyses et inscrits dans les colonnes de séries n'ont qu'une valeur relative; ils expriment les fractions d'oxygène absorbé par 1gr de levure, en une heure, à 15°, l'oxygène initial étant égal à 10.

Nature du mélange.	Oxygène absorbé.	Nature du mélange.	Oxygène absorbé
Série n° 1.		*Série n° 2.*	
Eau seule	0,0	Eau seule	0,0
Eau et levure affaiblie	0,6	Eau et levure fraîche	7,4
Eau et levure affaiblie + 2gr,5 sucre interverti	4,5	Eau et levure fraîche + 2gr,5 sucre interverti	8,7
Eau et levure affaiblie + 2gr,5 sucre de canne	1,6	Eau et levure fraîche + 5cc alcool éthylique	7,8
Eau et levure affaiblie + 2gr,5 sucre de lait	1,9	Eau et levure fraîche + 5cc alcool méthylique	3,5
Eau et levure affaiblie + 2gr,5 mannite	1,6	Eau et levure fraîche + 5cc alcool butylique	5,8
Eau et levure affaiblie + 10cc alcool éthylique	4,5	Eau et levure fraîche + 5cc acide acétique	5,5
Série n° 3.		*Série n° 4.*	
Eau seule	0,0	Eau seule	0,0
Eau et levure fraîche	5,9	Eau et levure fraîche	4,4
Eau et levure fraîche + 2gr,5 sucre interverti	7,1	Eau et levure fraîche + 2gr,5 sucre interverti	7,2
Eau et levure fraîche + 5cc alcool éthylique	6,6	Eau et levure fraîche + 5cc alcool éthylique	6,5
Eau et levure fraîche + 5cc alcool méthylique pur	5,6	Eau et levure fraîche + 5cc alcool méthylique	4,4
Série n° 5.		*Série n° 6.*	
Eau seule	0,0	Eau seule	0,0
Eau et levure affaiblie	2,4	Eau et levure affaiblie	2,0
Eau et levure affaiblie + 2gr,5 sucre interverti	6,0	Eau et levure affaiblie + 2gr,5 sucre interverti	6,0
Eau et levure affaiblie + 5cc alcool éthylique	5,6	Eau et levure affaiblie + 25cc alcool éthylique	8,0
Eau et levure affaiblie + 5cc alcool méthylique pur	4,4	Eau et levure affaiblie + 3gr acide racémique	2,0
Série n° 7.		*Série n° 8.*	
Eau seule	0,0	Eau seule	0,0
Eau et levure fraîche	3,7	Eau et levure conservée un jour	2,3

Nature du mélange.	Oxygène absorbé.
Série n° 7 (suite.)	
Eau et levure fraîche + 5gr sucre interverti	7,5
Eau et levure fraîche + 5gr sucre de canne	5,0
Eau et levure fraîche + 5gr suc. de lait.	3,7
Eau et levure fraîche + 5gr glycocolle.	7,0
Eau et levure fraîche + 5gr sel de seignette	4,5
Série n° 8 (suite.)	
Eau et levure conservée un jour + 10cc alcool éthylique	5,5
Eau et levure conservée un jour + 5gr glycocolle	3,8
Eau et levure conservée un jour + 10cc alcool + 5cc ac. prussique à 10 p. 100	1,3
Série n° 9.	
Eau seule	0,0
Eau et levure fraîche	2,0
Eau et levure fraîche + 2gr,5 sucre interverti	9,0
Eau et levure fraîche + 10cc alcool éthylique	9,5
Eau et levure fraîche + 20cc alcool éthylique	9,5
Eau et levure fraîche + 30cc alcool éthylique	9,5
Série n° 10.	
Eau seule	0,0
Eau et levure fraîche	4,2
Eau et levure fraîche + 10cc alcool éthylique	6,0
Eau et levure fraîche + 10cc alcool méthylique	1,6
Eau et levure fraîche + 10cc glycérine	5,6
Eau et levure fraîche + 6gr acétate de soude	7,2
Eau et levure fraîche + 2gr,5 sucre interverti	6,4

» Ces résultats établissent nettement que l'alcool éthylique est particulièrement apte à subir la combustion lente, physiologique. Son pouvoir, à ce point de vue, étant équivalent à celui du sucre interverti, on est en droit de se demander si ce dernier, avant d'être brûlé, ne subit pas la fermentation alcoolique. Dans ce cas, on s'expliquerait la place à part occupée par la glucose; et l'alcool éthylique, ainsi que les acétates alcalins, tiendraient le premier rang parmi les composés organiques combustibles dans l'organisme vivant. »

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Recherches sur la respiration des feuilles à l'obscurité.* Note de MM. G. Bonnier et L. Mangin, présentée par M. Duchartre.

« On admet souvent, d'après les travaux récents sur la respiration des êtres vivants, qu'il n'y a pas de corrélation absolue entre l'oxygène absorbé et l'acide carbonique émis. La variation la plus remarquable qu'on ait

signalée dans ces échanges gazeux est celle relative à l'influence de la température. C'est ainsi qu'on enseigne ordinairement que le rapport du gaz émis au gaz absorbé, dans la respiration, est variable avec la température. Pour les basses températures, chez les plantes respirant à l'obscurité, par exemple, le rapport du volume de l'acide carbonique émis à celui de l'oxygène absorbé serait plus petit que l'unité; il deviendrait égal à l'unité pour une certaine température qui dépend de l'être considéré, et supérieur à l'unité pour les températures plus élevées. D'où cette conséquence, entre autres, que les plantes, par leur respiration, assimilent de l'oxygène dans les régions froides, et perdent au contraire à la fois de l'oxygène et du carbone dans les contrées chaudes, et cela indépendamment de l'action chlorophyllienne des parties vertes à la lumière.

» Dans les études que nous avons faites précédemment sur les fonctions des Champignons [1], nous avons montré que l'énoncé de cette loi ne pouvait s'appliquer à ces végétaux sans chlorophylle, et que la valeur du rapport $\frac{CO^2}{O}$ du volume de l'acide carbonique émis à celui de l'oxygène absorbé est constante, quelle que soit la température.

» Mais, comme la loi citée plus haut a été établie surtout d'après les expériences faites sur des feuilles respirant à l'obscurité [2], nous nous sommes demandé si le résultat que nous avions obtenu serait le même en opérant sur les parties vertes des plantes ainsi soustraites à l'action chlorophyllienne.

» Les espèces soumises à l'expérimentation sont, pour la plupart, celles sur lesquelles des recherches avaient déjà été faites à ce point de vue (Pin, Fusain, Marronnier, Lilas, If, etc.)

» La méthode employée dans ces expériences est l'une de celles qui nous ont servi dans nos recherches sur les Champignons [3]. Des branches garnies de feuilles, cueillies immédiatement avant l'expérience, sont placées à l'obscurité dans une atmosphère confinée d'état hygrométrique constant, où elles séjournent pendant un temps toujours très court. En outre, les expériences comparatives ont toujours été faites en opérant sur

---

(1) *Comptes rendus*, 9 avril 1883.

(2) P.-P. Dehérain et Moissan, *Ann. Sc. nat.*, 5e série, t. XIX, 1874; Moissan, *Ann. Sc. nat.*, 6e série, 1879.

(3) G. Bonnier et L. Mangin, *Recherches sur la respiration et la transpiration des Champignons* (*Ann. Sc. nat.*, 6e série, t. XVII, 1884).

les mêmes individus, car on sait que le rapport $\frac{CO^2}{O}$ peut varier avec l'âge des êtres ou des organes étudiés.

» Dans ces conditions, il n'y avait à craindre aucune erreur provenant soit de la fermentation propre des cellules, soit de l'accumulation d'une quantité importante d'acide carbonique dans l'atmosphère qui entoure la plante.

» Voici quelques-uns des résultats :

Fusain du Japon (Evonymus japonicus).

$$\frac{CO^2}{O} \ldots\ldots\ldots \begin{cases} 0,97 \text{ à } 0^\circ \\ 0,98 \text{ à } 18^\circ \\ 0,95 \text{ à } 24^\circ \\ 0,99 \text{ à } 32^\circ \end{cases}$$

Marronnier d'Inde (Æsculus Hippocastanum).

$$\frac{CO^2}{O} \ldots\ldots\ldots \begin{cases} 0,97 \text{ à } 0^\circ \\ 1,0 \text{ à } 14^\circ \\ 0,98 \text{ à } 25^\circ \\ 1,0 \text{ à } 30^\circ \end{cases}$$

Pin maritime (Pinus Pinaster).

$$\frac{CO^2}{O} \ldots\ldots\ldots \begin{cases} 0,66 \text{ à } 0^\circ \\ 0,67 \text{ à } 17^\circ \\ 0,63 \text{ à } 30^\circ \end{cases}$$

» Des résultats analogues ont été obtenus avec les autres espèces étudiées.

» Ainsi, la loi précédemment citée est inexacte; on trouve, pour les feuilles à l'obscurité, comme pour les êtres sans chlorophylle, que *dans la respiration le rapport du volume de l'acide carbonique émis au volume d'oxygène absorbé est constant, quelle que soit la température*. La quantité d'acide carbonique dégagée augmente rapidement avec la température, et la quantité d'oxygène absorbée augmente exactement d'une manière proportionnelle; le rapport ne change pas.

» Ces mêmes expériences nous ont montré que, si la valeur du rapport $\frac{CO^2}{O}$ est voisin de l'unité pour un certain nombre d'espèces (Lilas, Marronnier, Fusain, etc.), ce rapport constant peut avoir une valeur plus petite dans d'autres espèces (0,67 pour le Pin maritime, 0,85 pour l'If, etc.).

» Si l'on rapproche le résultat principal que nous venons de citer

de ceux obtenus dans d'autres séries d'expériences où nous avons montré que le rapport $\frac{CO^2}{O}$ est constant quelle que soit la pression de l'oxygène, et constant aussi quelle que soit la proportion d'acide carbonique que renferme l'atmosphère limitée, on voit combien étroitement sont reliés entre eux ces deux phénomènes : l'absorption d'oxygène, l'émission d'acide carbonique, et combien leur réunion sous le nom de *respiration* se trouve par là même justifiée. »

MINÉRALOGIE. — *Addition aux associations zéolithiques des dolérites de la Chaux-de-Bergonne* (*Puy-de-Dôme*). Note de M. F. GONNARD.

« Un des gisements zéolithiques les plus intéressants du Puy-de-Dôme est celui que j'ai depuis longtemps signalé à l'extrémité sud de ce vaste plateau, qui longe la rive gauche de l'Allier, entre Issoire et Saint-Germain-Lembron, et qui est connu sous les noms de Chaux-de-Bergonne ou du Broc.

» Le développement des zéolithes est, en effet, d'autant plus remarquable en ce point que la dolérite, parfois magnétipolaire, qui recouvre de ses masses les dépôts sédimentaires du plateau, est une roche compacte, bien que ses fissures offrent d'assez abondantes concrétions calcaires. C'est à l'intersection des chemins de Gignat et du Broc qu'elle change subitement de nature et passe alors à une amygdaloïde, que j'avais d'abord assimilée à celle du Kaiserstuhl, mais qui se rapproche davantage de celle de Stempel, près de Marbourg.

» J'ai, dans mon premier travail (*Comptes rendus*, 18 décembre 1871), mentionné les cristaux de phacolite et de christianite, ainsi que les globules de mésole que renferme la roche de la Chaux-de-Bergonne.

» Outre ces espèces, j'ai pu constater, sur des échantillons recueillis plus récemment, l'existence de nombreux petits octaèdres de gismondine, blancs, à surface rugueuse, indiquant des macles multiples. De même que la christianite, ces cristaux forment, dans les soufflures de la roche, des agglomérations continues. Ces deux espèces minérales ne semblent pas d'ailleurs se réunir dans les mêmes vacuoles, mais bien en revêtir de distinctes de leurs enduits cristallins.

» J'ai pu trouver aussi, quoique beaucoup plus rarement, quelques petits cristaux de phillipsite sous forme de macles à double croix, telles

que celles de Capo di Bove (*Manuel de Minéralogie* de Des Cloizeaux, Atlas du tome Ier, *fig.* 181).

» Le gisement dont il est ici question est assez restreint; il n'apparaît guère que sur une étendue superficielle de 10 à 12 ares. Mais, en dehors de la quintuple association de zéolithes qu'il présente, et qui, à ma connaissance, est la plus variée de celles qu'on trouve dans les laves anciennes du plateau central de la France, il offre encore cet intérêt d'être le premier de gismondine qui ait été signalé dans le Puy-de-Dôme. »

ANATOMIE. — *Distribution spéciale des racines motrices du plexus lombo-sacré.* Note de MM. **Forgue** et **Lannegrace.**

« La première racine lombaire ne concourt pas à l'innervation du membre inférieur (cette racine se détriple chez le chien et le singe).

» La deuxième racine lombaire concourt :

» 1° A la formation du crural, et par lui à l'innervation du psoas-iliaque (fortement), du pectiné, du couturier, du droit antérieur, du vaste interne; 2° à la formation de l'obturateur et, par lui, à l'innervation du droit interne et du premier adducteur.

» La troisième racine lombaire concourt :

» 1° A la formation du crural et, par lui, à l'innervation du psoas-iliaque, du couturier, du droit antérieur, du vaste interne et du vaste externe; 2° à la formation de l'obturateur et, par lui, à l'innervation forte de toute la masse des adducteurs et du droit interne.

» La quatrième racine lombaire concourt :

» 1° A la formation du crural et, par lui, à l'innervation du psoas et du vaste externe; 2° à la formation de l'obturateur et, par lui, à l'innervation du grand adducteur; 3° à la formation du tronc lombo-sacré, par lui à la constitution du plexus sacré, et ainsi à l'innervation des muscles fessiers (nerfs fessiers); à l'innervation du biceps, du demi-membraneux, du demi-tendineux, de la portion condylienne du grand adducteur (branches collatérales du tronc sciatique); à l'innervation du jambier antérieur, des extenseurs des orteils et des péroniers (poplité externe); faiblement à l'innervation du triceps sural, du long fléchisseur commun des doigts et du long fléchisseur propre du gros orteil (poplité interne).

» *Nota.* — Au point de vue de l'innervation, le grand adducteur peut être considéré comme constitué par l'accolement de deux muscles, dont l'un

s'insérant sur la ligne âpre dépendrait des troisième et quatrième racines pour l'obturateur, dont l'autre s'insérant sur le condyle dépendrait de la quatrième racine par le sciatique.

» Il est important de remarquer que le groupe des muscles de la région antéro-externe de la jambe, qui est si rapidement éteint par l'atrophie musculaire progressive, n'est innervé que par une racine, la quatrième lombaire. Parfois, il est vrai, on trouve dans la troisième lombaire des fibres destinées soit aux muscles antérieurs, soit aux muscles latéraux de la jambe; mais ces filets erratiques sont rares.

» La cinquième racine lombaire se jette dans le plexus sacré et concourt à l'innervation de la fesse, de la cuisse, de la jambe. Elle prend part :

» 1° A l'innervation des muscles fessiers (nerfs fessiers); 2° à l'innervation des muscles fléchisseurs du jarret : demi-membraneux, demi-tendineux, biceps (rameaux du tronc sciatique); 3° à l'innervation du triceps sural, du jambier postérieur et des fléchisseurs des orteils (poplité interne).

» La première racine sacrée concourt : à la formation du sciatique poplité interne, et par lui à l'innervation de tous les muscles de la région postérieure de la jambe et de la région plantaire.

» La deuxième racine sacrée a la même fonction que la précédente; son influence sur les muscles postérieurs de la jambe est faible; son influence sur les muscles de la région plantaire est plus marquée.

» Les autres racines sacrées ne fournissent rien au membre inférieur; elles se distribuent aux muscles du périnée (et, en outre, chez les animaux aux muscles de la queue). »

» M. Laur présente, par l'intermédiaire de M. Daubrée, une coupe géologique détaillée du sondage exécuté à Montrond (Loire) jusqu'à une profondeur de 502^{m}, 50, et fournissant une nappe d'eau minérale accompagnée de beaucoup d'acide carbonique qui jaillit jusqu'à une hauteur de 35^{m} au-dessus du sol. »

A 4 heures, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 4 heures un quart. J. B.